

17.630 /H/03



TUGAS AKHIR

ANALISIS LIFE CYCLE COSTING PENGGUNAAN ANTARA AC DAN BLOWER DI KAPAL PENUMPANG PAX 500



RSSP

623.853

Pra

a-1

2002

Disusun Oleh :

NUGROHO EKO PRASETYO

4297 100 016

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2002

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20/09/02
Terima Dari	H
No. Agenda Frp.	21-6475

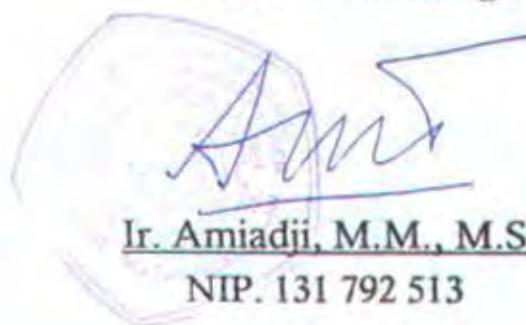
ANALISIS LIFE CYCLE COSTING PENGGUNAAN
ANTARA AC DAN BLOWER DI KAPAL PENUMPANG
PAX 500

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

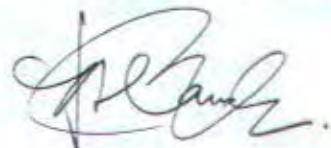
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Amiadji, M.M., M.Sc.
NIP. 131 792 513

Dosen Pembimbing II,



Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

NIP. 131 933 365

S U R A B A Y A

JULI, 2002

ABSTRAK

Pengaturan udara pada ruang penumpang kapal sangat berperan dalam kenyamanan penumpang, sistem AC di kapal mempunyai Life Cycle Cost (LCC) yang mahal. Akibat mahalnya LCC AC menyebabkan tingginya harga tiket kapal dan jarang sekali sistem AC tersebut dihidupkan pada kapal-kapal penumpang kelas ekonomi (Pax 500) sehingga kenyamanan penumpang tentu saja berkurang.

Diperlukan alternatif lain untuk mengatur udara di kapal yang tentu saja harus lebih unggul dari segi life cycle cost (Investasi, operasional, perawatan dan perbaikan) artinya biaya untuk pengoperasian, perawatan, perbaikan dan investasi harus lebih rendah dari system AC.

Sistem lain yang direncanakan yaitu blower dari hasil akhir pembahasan memperlihatkan bahwa blower mempunyai LCC total rata-rata tidak lebih dari 22 %-nya dari lcc AC total selama umur kapal (25 tahun). Besar PV Blower \$134,542.96 sedangkan AC mempunyai PV sebesar \$611,873.3 dari present value tersebut terlihat jauh sekali perbedaan LCC yang tentu saja akan sangat mengurangi biaya operasional kapal. Dari berkurangnya biaya operasional kapal tentu akan berpengaruh pada harga tiket yang secara otomatis akan turun sehingga harga tiket tersebut akan terjangkau oleh masyarakat bawah.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Alhamdullilah kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya berupa kesehatan dan ilmu pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) – KS 1701 dengan mengambil judul **Analisis Life Cycle Costing Penggunaan Antara AC dan Blower di Kapal Penumpang Pax 500** ini pada waktu yang telah ditentukan.

Tugas akhir ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan studi tingkat sarjana pada jurusan *Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan tugas ini, tetapi mungkin masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki, maka dari itu koreksi dan saran sangat diperlukan. Untuk itu semua penulis mengucapkan terima kasih sebesar-sebesarnya.

Semoga bermanfaat bagi kita semua. Amien!

Surabaya, Juli 2002

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh kesungguhan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng., selaku ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
2. Ir. Surjo Widodo A., M.Sc., selaku sekretaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
4. Bapak Ir. Amiadji, M.M., M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa dengan sabar memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa dengan sabar memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
6. Bapak Supriyanto, kepala ARMATEK PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI) atas data-data kapal yang diberikan.
7. PT. Sarana Nikko Teknik atas data-data harga peralatan yang diberikan.
8. *Bapak dan Ibu* serta adik-adikku (*Budi di DEMITS-ITS , Dian dan Andi*) di rumah serta my girl friend *Ratih Dwi Krisdianti di FKH-Unair* yang senantiasa memberikan dorongan dan doanya, demi terselesainya tugas ini.
9. Tidak lupa pada semua Dosen, Staf administrasi dijurusan Teknik Sistem Perkapalan atas bantuannya kepada penulis selama ini.

Serta kepada semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir (TA) – KS 1701 yang tentu saja tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT, selalu Merindui kita semua. Amien.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Abstrak

Lembar Pengesahan

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Gambar

BAB I.	PENDAHULUAN	.....	I-1
I-1	Latar Belakang	.....	I-1
I-2	Permasalahan	.....	I-2
I-3	Batasan masalah	.....	I-3
I-4	Tujuan	.....	I-3
I-5	Manfaat	.....	I-3
I-6	Metodologi	.....	I-4
BAB II.	DASAR TEORI	.....	II-1
II-1	Refrigerasi dan Mesin Refrigerasi	.....	II-1
II-1.1	Daur Kompresi Uap Standart	.....	II-1
II-1.2	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	.....	II-3
II-1.3	Komponen Utama Sistem Refrigerasi	.....	II-6
II-2	Sistem Kipas dan Saluran Udara	.....	II-9
II-2.1	Perhitungan Beban Kalor	.....	II-10
II-2.1.1	Perpindahan Panas Secara Konduksi	.....	II-10
II-2.1.2	Perpindahan Panas Secara Radiasi	.....	II-11
II-2.1.3	Radiasi Matahari	.....	II-12
II-2.2	Perencanaan Saluran Udara	.....	II-15
II-2.2.1	Penurunan Tekanan	.....	II-15

II-2.2.2	Penurunan Tekanan Dalam Saluran Persegi	.....	II-17
II-2.2.3	Kerugian Tekanan Karena Tahanan Lokal(fittings)	.....	II-18
II-2.2.4	Kerugian Tekanan Karena adanya Gesekan	.....	II-19
II-2.2.5	Pengecilan Saluran	.....	II-20
II-2.2.6	Pembesaran Saluran Mendadak	.....	II-20
II-2.2.7	Pengecilan Saluran Mendadak	.....	II-21
II-2.2.8	Metode-metode Perancangan Saluran Udara	.....	II-22
II-2.2.8.1	Metode Kecepatan	.....	II-22
II-2.2.8.2	Metode Equal Friction (gesekan sama)	.....	II-23
II-2.3	Perubahan Tekanan Dalam Saluran Udara	.....	II-23
II-3	Life Cycle costing (LCC)	.....	II-24
II-3.1	Fase Akusisi	.....	II-25
II-3.2	Fase Operasi	.....	II-25
II-3.3	Dasar-dasar Life Cycle Costing	.....	II-27
II-3.3.1	Nilai Waktu Dari Uang	.....	II-27
II-3.3.2	Rumus-rumus Suku Bunga	.....	II-27

**BAB III DATA SISTEM AIR CONDITIONER (AC) PADA
KAPAL PAX 500**

III-1	Ukuran Utama (Main Dimention) Kapal	.....	III-1
III-2	Sistem AC pada kapal pax 500	.....	III-1
III-3	Peralatan Utama Sistem AC pada Kapal	.....	III-2
III-4	Data Isolasi Dinding pada kapal pax 500	.....	III-5

**BAB IV PERENCANAAN BLOWER PADA RUANG
PENUMPANG ECONOMY CLASS KAPAL
PAX 500**

IV-1	Perhitungan Beban Kalor	.....	IV-1
IV-1.1	Beban Kalor Internal	.....	IV-1
IV-1.1.1	Panas Yang dibebaskan oleh lampu penerangan	.....	IV-1
IV-1.1.2	Panas Yang dibebaskan oleh penumpang	.....	IV-2
IV-1.2	Beban Kalor Eksternal	.....	IV-2

IV-2	Perencanaan Saluran Udara	.....	IV-11
IV-2.1	Jumlah Udara Total Yang Diperlukan	.....	IV-11
IV-2.2	Kebutuhan Udara Ruang Penumpang Tiap Deck	.....	IV-15
IV-2.3	Penentuan Laju Aliran Udara	.....	IV-17
IV-3	Pemilihan Fan/Kipas	.....	IV-26
IV-3.1	Perhitungan Kerugian Tekanan	.....	IV-26
IV-3.2	Perhitungan Daya Fan	.....	IV-34
BAB V	PERHITUNGAN LIFE CYCLE COST AC DAN BLOWER	.....	V-1
V-1	Data Harga Peralatan Utama AC dan Blower	.....	V-1
V-1.1	Data Harga Peralatan AC pada kapal pax 500	.....	V-1
V-1.2	Data Harga Blower	.....	V-3
V-2	Perhitungan Life Cycle Costing (LCC)	.....	V-4
V-2.1	Perhitungan Life Cycle Costing AC (LCC_{AC})	.....	V-5
V-2.1.1	Life Cycle cost Investasi ($LCC_{Investasi}$)	.....	V-5
V-2.1.2	Life Cycle cost Operasional ($LCC_{Operasional}$)	.....	V-8
V-2.1.2.1	Jam Operasi Per Tahun	.....	V-8
V-2.1.2.2	Konsumsi Energi	.....	V-9
V-2.1.2.3	Life Cycle Cost Perawatan dan Reparasi	.....	V-10
V-2.1.2.4	Tabel-tabel Perhitungan biaya peralatan AC selama 25 tahun	.....	V-11
V-2.1.2.5	Tabel-tabel Perhitungan Present Value (PV) peralatan AC	.....	V-11
V-2.2	Perhitungan Life Cycle Costing Blower	.....	V-12
V-2.2.1	Life cycle cost investasi	.....	V-12
V-2.2.2	Life Cycle Cost Operasional	.....	V-13
V-2.2.2.1	Jam Operasi per Tahun	.....	V-13
V-2.2.2.2	Konsumsi Energi	.....	V-13
V-2.2.2.3	Life Cycle Cost Perawatan	.....	V-14
V-2.2.2.4	Tabel-tabel perhitungan biaya peralatan blower selama 25 tahun	.....	V-14

V-2.2.2.5	Tabel-tabel perhitungan present value peralatan blower	.....	V-14
V-2.3	Analisis Sensitivitas	.....	V-15
V-2.4	Analisis	.....	V-16
BAB VI	KESIMPULAN	.....	VI-1

Penutup

Daftar pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Temperatur pengembunan dan tekanan beberapa refrigerant
Tabel 2.2 Kekasaran absolute dari sejumlah kekasaran
Tabel 2.3 Viskositas dan rapat massa udara kering pada tekanan atm standart
Tabel 2.4 Koefisien pengecilan dalam pengecilan mendadak saluran
Tabel 4.1 Kerugian tekanan karena Gesekan
Tabel 5.1 Harga dan Umur Peralatan AC
Tabel 5.2 Energi Peralatan AC
Tabel 5.3 Tabel Perawatan AC tahun pertama dan reparasi
Tabel 5.4 Perhitungan biaya total Kompresor, Electric motor dan Evaporator
Tabel 5.5 Perhitungan biaya total Chilled Water pump, Katup Ekspansi dan Kondensor
Tabel 5.6 Perhitungan biaya total Chilled Water Pump dan Sea water pump
Tabel 5.7 Perhitungan Biaya total AC selama 25 tahun
Tabel 5.8 Present value Kompresor dan Electric motor
Tabel 5.9 Present value Chilled water pump motor dan Sea water pump
Tabel 5.10 Present Value Chilled water pump dan Katup ekspansi
Tabel 5.11 Present Value Kondensor dan Evaporator
Tabel 5.12 Present Value Total AC
Tabel 5.13 Perhitungan biaya Blower
Tabel 5.14 Perhitungan biaya total Blower selama 25 tahun
Tabel 5.15 Perhitungan biaya total 4 unit Blower selama 25 tahun
Tabel 5.16 Present Value Blower
Tabel 5.17 Present Value total Blower
Tabel 5.18 Present Value total 4 unit Blower
Tabel 5.19 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 5 %
Tabel 5.20 Analisis sensitivitas Chilled W.P. motor dan Sea W.P. discount rate 5 %
Tabel 5.21 Analisis sensitivitas Chilled W.P. dan Katup ekspansi untuk discount rate 5 %
Tabel 5.22 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 5 %
Tabel 5.23 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 %
Tabel 5.24 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 6 %
Tabel 5.25 Analisis sensitivitas Chilled W.P. Motor dan Sea W.P. discount rate 6 %
Tabel 5.26 Analisis sensitivitas Chilled W.P. dan Katup ekspansi untuk discount rate 6 %
Tabel 5.27 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 6 %
Tabel 5.28 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 %

- Tabel 5.29 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.30 Analisis sensitivitas Chilled W.P Motor dan Sea W.P. discount rate 7 %
- Tabel 5.31 Analisis sensitivitas Chilled W.P. dan Katup ekspansi untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.32 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.33 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.34 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 5 %
- Tabel 5.35 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 6 %
- Tabel 5.36 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.37 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 %
- Tabel 5.38 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 %
- Tabel 5.39 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 %
- Tabel 5.40 Analisis sensitivitas total 4 unit Blower untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %
- Tabel 5.41 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.42 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.43 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.44 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.45 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.46 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.47 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.48 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.49 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 % dan PV naik 10 %
- Tabel 5.50 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.51 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.52 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 % dan PV turun 10 %
- Tabel 5.53 Analisis sensitivitas total 4 unit Blower PV Naik 10 %
- Tabel 5.54 Analisis sensitivitas total 4 Unit Blower PV turun 10 %
- Tabel 5.55 Harga dan Umur Peralatan Blower
- Tabel 5.56 Energi Peralatan Blower
- Tabel 5.57 Tabel Perawatan Blower tahun pertama dan reparasi
- Tabel 5.58 PV Total biaya untuk analisis sensitivitas terhadap discount rate
- Tabel 5.59 PV Naik 10 % untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %
- Tabel 5.60 PV Turun 10 % untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daur Kompresi Uap standart dalam diagram tekanan-entalpi

Gambar 2.2 Diagram aliran kompresi uap standart

Gambar 2.3 Radiasi Matahari langsung dan radiasi matahari terpancar

Gambar 2.4 Azimut matahari dan ketinggian

Gambar 2.5 Grafik radiasi matahari terpancar

Gambar 2.6 Penurunan Tekanan Dalam saluran persegi

Gambar 2.7 Aliran melalui bagian mengecil

Gambar 2.8 Aliran melalui bagian membesar

Gambar 2.9 Tahap-tahap life cycle costing dan biaya relatifnya

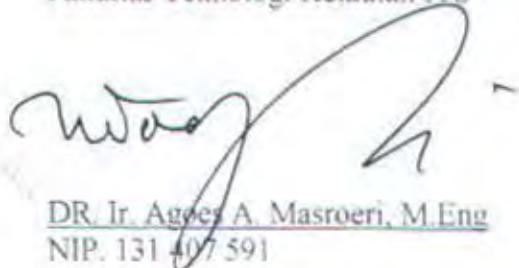


**SURAT KEPUTUSAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR
(KS 1701)**

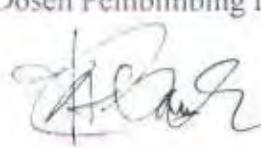
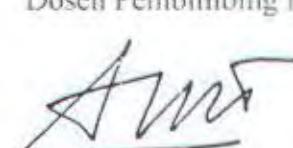
Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah ini untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasa yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa : Nugroho Eko Prasetyo
NRP : 4297 100 016
Dosen Pembimbing :
1. Ir. Amiadji, M.M., M.Sc.
2. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Tanggal Diberikan Tugas : 25 Pebruari 2002
Tanggal Diselesaikan Tugas :
Judul Tugas Akhir : *Analisis Life Cycle Costing Penggunaan Antara AC dan Blower di Kapal Penumpang Pax 500*

Surabaya,
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan ITS


DR. Ir. Agus A. Masroeri, M.Eng
NIP. 131 407 591

Surabaya,
Yang menerima tugas :

Mahasiswa	Dosen Pembimbing II	Dosen Pembimbing I
 Nugroho Eko Prasetyo NRP. 4297 100 016	 Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. NIP. 131 933 365	 Ir. Amiadji, M.M., M.Sc. NIP. 131 792 513



LEMBAR KEMAJUAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR

Nama / NRP : Nugroho Eko Prasetyo / 4297 100 016
Judul Tugas Akhir : *Analisis Life Cycle Costing Penggunaan Antara AC dan Blower di Kapal Penumpang Pax 500*
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji, M.M., M.Sc.
2. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

NO	TGL	KEGIATAN	RENCANA ASSISTENSI BERIKUTNYA TGL	PARAF DOSEN
1.	21/03	Bab I		R.
2.	11/04	Perhitungan Kibutuhan Udara		R.
3.	18/04	—		R.
4.	22/04	Bab II		R.
5.	25/04	— revisi		R.
6.	30/04	Bab III.		R.
7.	15/05	Bab IV		R.
8.	17/05	Consultasi LCC AC (Bab V)		R.
9.	18/06	Tabel LCC AC (BAB V)		R.
10.	13/06	Konsultasi Perhitungan LCC AC		R.
11.	24/06	Consultasi present value AC		R.
12.	26/06	SAB 2 - 3		R.
13.	7/07	Present Value, sensitivitas dan kesiapan		R.
14.	7/07 - 12	Analisis Sensitivitas & Kesiapan		R.
15.	10/07 - 13	Present Value		R.
16.	11/07 - 12	Kesimpulan		R.

CATATAN (Diisi oleh dosen pembimbing)

1. Tugas Akhir Telah : *Layak / tidak layak* untuk diujikan
2. Catatan lain yang dianggap perlu : (bila perlu bisa digunakan halaman kosong dibaliknya)



LEMBAR EVALUASI PRESENTASI PROPOSAL (P-1) TUGAS AKHIR

Setelah membaca, menimbang, dan mempelajari Presentasi Proposal Tugas Akhir yang dilaksanakan oleh:

Nama / NRP
Judul Proposal

Nugroho Eko P / 97 - 016
Analisa ekonomis penerapan sistem pendinginan udara dengan pd passenger Vessel PAX 500
KM Wilis.

Maka Tim Dosen Penilai memutuskan mahasiswa tersebut diatas:

1. Menerima proposal tanpa perbaikan
2. Menerima proposal dengan perbaikan atau catatan
3. Menolak proposal.

Dan menetapkan Dosen Pembimbing Tugas Akhir ybs adalah:

1. Amiaji sebagai Dosen Pembimbing Utama
2. Alam sebagai Dosen Pembimbing Pendamping

Hal-hal yang menjadi catatan pada penulisan Proposal Tugas Akhir tersebut adalah:

(bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik)

- Judul harap diubah → hub. dosen pembimbing
- Buat perbandingan "life time cost" antara penggunaan AC dg flower.
- Buat estimasi harga tiket yg

Surabaya,
25/02/2002

Tim Dosen Penilai Presentasi Proposal Tugas Akhir,

1. <u>ALAM R</u>	(Ketua Tim)
2. <u>BSSANGKU</u>	(Anggota)
3. <u>SAUT</u>	(Anggota)
4. <u>AMIAJI</u>	(Anggota)
5. <u>LAHAR H</u>	(Anggota)
6. <u>ZUL</u>	(Anggota)
7. <u>DUT</u>	

Tanda Tangan

1. Alam 2. sl
3. z 4. Ami
5. LB 6. z

Tanda tangan mahasiswa
Amiaji



JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

Kampus ITS Kepulauan Surabaya, 60111 telp. 5994251 ext 1102, 1103

LEMBAR EVALUASI PRESENTASI INTERIM (P-2) TUGAS AKHIR

Setelah membaca, menimbang, dan mempelajari Presentasi Interim Tugas Akhir yang dilaksanakan oleh:

Nama Mahasiswa : HUGO ROTO BJUGRONO E.P NRP. 97-016
Judul Tugas Akhir : Analisa LCC Antara AC dan Blower
di Kapal Penumpang PAX 500

Dosen Pembimbing: 1. Alen B
2. Amiajji

Maka Tim Dosen Penilai memutuskan mahasiswa tersebut diatas :

- A. Langsung mengikuti Presentasi Akhir Istimewa (P3+) pada tanggal 7 Mei 2002
- B. Melanjutkan penulisan TA dan mengikuti Presentasi Akhir Reguler (P3) pada tanggal Minggu III Juli 2002.
- C. Melanjutkan penulisan TA dan mengikuti Presentasi Interim (P2) pada semester berikutnya.
- D. Membatalkan penulisan TA.

Hal-hal yang menjadi catatan pada penulisan Tugas Akhir tersebut adalah:
(bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik)

Surabaya, 01/05/2002

Dari Dosen Penilai Presentasi Interim Tugas Akhir,

Amiajji
SOENARTO, S.T.
ASTANTO
Alman, M.T.
MAPE

(Ketua Tim)
(Anggota)
(Anggota)
(Anggota)
(Anggota)
(Anggota)

Tanda Tangan

1. Amiajji
2. SOENARTO
3. ASTANTO
4. Alman
5. MAPE
6. G

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I - 1 LATAR BELAKANG

Perencanaan suatu sistem harus layak secara teknis dan ekonomis. Secara teknis berarti mempunyai keunggulan baik itu effisiensi, performance yang baik maupun penghematan energi karena penghematan energi berarti penghematan biaya operasional. Ekonomis artinya dari segi biaya investasi (investment cost), biaya operasional (operational cost) dan biaya-biaya lain selama jangka waktu operasionalnya atau lebih kita kenal dengan life cycle costing lebih menguntungkan dari sistem yang lain. Kapal PAX 500 direncanakan melayari wilayah Indonesia yang beriklim tropis yang menyebabkan perlunya perancangan sistem pengkondisian udara yang baik. Perencanaan sistem pengkondisian udara yang baik tentu saja memakan biaya tinggi, hal ini yang terjadi pada kapal Pax 500 yang sampai saat ini menggunakan AC untuk mengatur siklus udara dikapal tersebut. AC kurang effisien karena sistem pengkondisian udara ini masih memerlukan kompresor, motor listrik maupun turbin dalam siklus kerjanya sehingga banyak menyerap energi untuk operasional. Penghematan energi perlu dilakukan karena berdasarkan kenyataan bahwa energi yang benar-benar dimanfaatkan sebagai tenaga pendorong kapal tidak lebih dari separuh, lainnya hilang terserap oleh air pendingin serta hilang lewat gas buang..

Semakin besar energi listrik yang dibutuhkan pada kapal maka akan semakin besar pula kapasitas generator yang menyebabkan semakin mahalnya life cycle costing (biaya investasi, biaya operasional dan biaya perawatan untuk generator).

Sedangkan masih ada beberapa sistem lagi yang mungkin bisa diterapkan untuk mengkondisikan udara diantaranya sistem kipas dan saluran udara (blower). Sistem ini hanya menggunakan fans/kipas untuk memasukkan udara segar ke ruang penumpang sehingga energi listrik yang digunakan hanya untuk menggerakkan motor penggerak kipas udara masuk dan udara keluar. Dari segi operasional mungkin lebih menguntungkan tapi dari life cycle costing keseluruhan apakah juga lebih menguntungkan, itu yang akan di kaji yaitu membandingkan life cycle costing antara penggunaan sistem pengkondisian udara kompresi uap/AC dengan sistem kipas dan saluran udara (blower) pada passenger vessel Pax 500. Karena tidak ada gunanya kita menerapkan sebuah sistem yang secara teknis lebih unggul tetapi membutuhkan life cycle costing yang berlipat, karena tujuan utama kapal ini dibuat adalah untuk tujuan komersial yang tentunya untuk mendapatkan laba yang besar.

I - 2 PERMASALAHAN

Penggunaan sistem pengkondisian udara kompresi uap konvensional/AC pada kapal penumpang PAX 500 akan banyak menyerap energi listrik karena untuk menggerakkan kompresor, motor listrik, maupun turbin dalam siklus kerjanya. Energi dalam power plant adalah kata lain dari **S** (uang).

Tidak akan banyak berguna jika kita merencanakan suatu sistem pengkondisian udara yang secara teknis lebih unggul tetapi mempunyai life cycle costing lebih tinggi. Karena suatu kapal penumpang dibuat pasti diproyeksikan untuk mendapatkan keuntungan finansial.

I-3 BATASAN MASALAH

Dalam penggerjaan tugas akhir ini permasalahan yang dibahas dibatasi pada :

- Permasalahan yang dibahas hanya diambil pada kapal penumpang Pax 500.
- Penghitungan beban pendinginan dan kebutuhan udara kedalam ruang penumpang diasumsikan ruang penumpang terisi penuh / maximum loaded
- Perhitungan hanya dilakukan pada peralatan-peralatan utama sistem, perencanaan lay out sistem diluar perhitungan.
- Beban listrik yang di gunakan masuk dalam perhitungan biaya(harga listrik/kwh standart PLN)

I-4 TUJUAN

Dari permasalahan yang dikemukakan diatas, penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan life cycle costing AC dan blower sehingga dapat sebagai acuan penggunaan sistem mana yang lebih ekonomis pada kapal penumpang Pax 500.

I-5 MANFAAT

Hasil penulisan tugas akhir ini dapat digunakan sebagai referensi baru dalam mendesain sistem pengaturan udara pada kapal penumpang PAX 500 apakah tetap menggunakan mesin AC ataukah menggunakan sistem kipas dan

saluran udara berdasarkan hasil perhitungan life cycle costing kedua sistem tersebut.

I – 6 METODE

Untuk menyelesaikan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka akan dipakai dengan menggunakan studi literatur dan studi lapangan. Data-data yang diperlukan diambil dari lapangan untuk perencanaan sedangkan yang tidak terdapat dilapangan diambil dari literatur yang relevan.

Langkah-langkah penggerjaan tugas akhir :

1. Pencarian dan pencatatan data-data kapal PAX 500

- Gambar rencana umum kapal PAX 500
- Identifikasi sistem pengkondisian udara pada kapal PAX 500

Untuk mengetahui tentang sistem pengkondisian udara yang dipakai pada kapal PAX 500 beserta peralatan yang digunakan

- Data isolasi dinding
- Identifikasi peralatan AC dan kebutuhan energinya.
- Data kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan dalam sistem pengkondisian udara / AC.

2. Perhitungan biaya operasional, perawatan dan perbaikan.

Untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan, merawat dan memperbaiki sistem AC pada kapal PAX 500 dalam jangka waktu tertentu.

3 Data-data perencanaan sistem kipas dan saluran udara (Blower)

- Data ini diambil Kapal Penumpang PAX 500 KM Wilis.
- Data kebutuhan energi listrik sistem kipas dan saluran udara.

4 Pencarian data harga-harga peralatan di pasaran

Dalam hal ini harga peralatan sistem pengkondisian udara yang dipakai pada kapal maupun peralatan sistem pengkondisian udara yang direncanakan. Dicari pada perusahaan-perusahaan distributor peralatan sistem pengkondisian udara untuk kapal. Berguna untuk analisis investasi yang ditanamkan dalam merencanakan sistem pengkondisian udara.

5 Analisa life cycle costing kedua sistem pengkondisian udara

Life cycle costing yaitu menjumlahkan semua biaya, baik yang berulang maupun tidak berulang, sehubungan dengan produk, struktur, sistem atau jasa selama jangka waktu hidupnya. Dalam permasalahan ini yang dibahas adalah life cycle costing sistem pengaturan udara (AC dan Blower) pada kapal pax 500.

6 Membandingkan hasil perhitungan life cycle costing AC dan Blower

Setelah diketahui berapa biaya investasi, biaya operasional dan biaya perawatan dan perbaikan yang dibutuhkan selama sistem tersebut beroperasi kemudian dibandingkan mana yang lebih menguntungkan dari kedua sistem tersebut untuk diterapkan pada kapal PAX 500. Karena semakin kecil life cycle costing akan semakin besar keuntungan finansial yang diperoleh.

7 Kesimpulan

Dari perbandingan diatas dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai hasil dari tugas akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

II-1 REFRIGERASI DAN MESIN REFRIGERASI

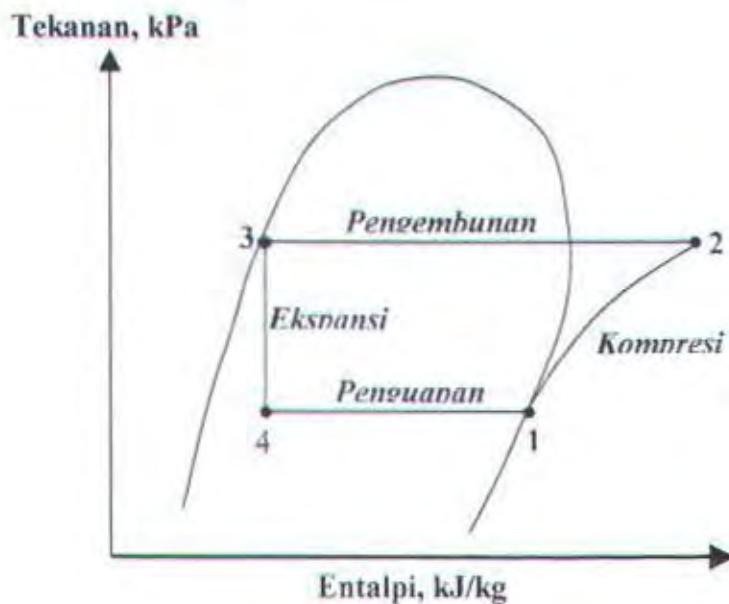
Siklus refrigerasi untuk pendinginan yang banyak dipakai adalah siklus refrigerasi kompresi uap dan siklus refrigerasi absorpsi. Daur kompresi uap merupakan daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan dan kemudian diembunkan menjadi cairan, kemudian tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. Seperti pada mesin refrigerasi untuk penyegaran udara perlengkapan tersebut di bawah ini kebanyakan dipakai juga mesin refrigerasi untuk pendingin.

Unit Refrigerasi kompresi uap :

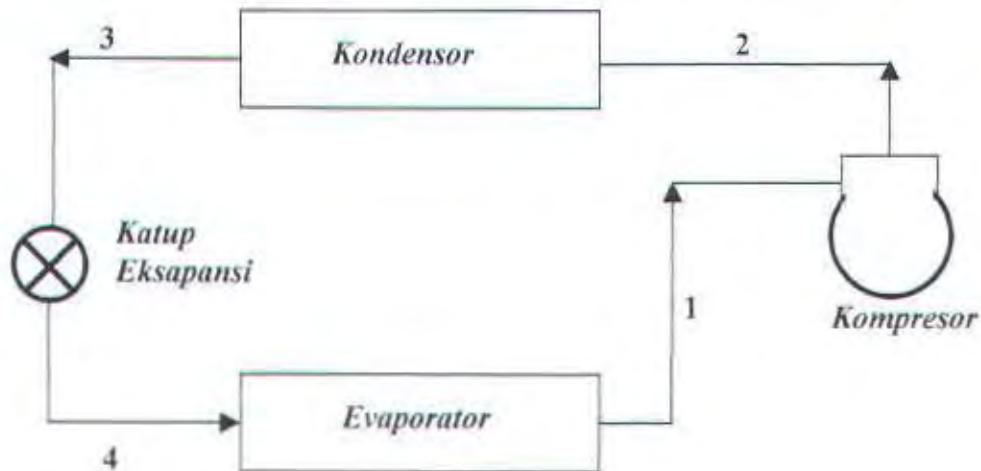
- Sistem expansi langsung
 1. Gabungan dari mesin refrigerasi dan unit pendingin udara
 2. Penyegaran udara paket
 3. Penyegar udara ruangan
- Sistem Expansi Tak langsung
 1. Unit pendingin air
 2. Unit pendingin air sentrifugal

II-1.1 Daur Kompresi Uap Standart

Dengan bantuan diagram entalpi-tekanan, besaran yang penting dalam daur kompresi uap dapat diketahui. Besaran-besaran ini meliputi kerja kompresi, laju pengeluaran kalor, dampak refrigerasi, koefisien prestasi (COP), laju aliran massa untuk setiap kilowatt refrigerasi dan daya per kilowatt refrigerasi



Gb.2.1 Daur kompresi uap standart dalam diagram tekanan-entalpi



Gb.2.2 Diagram Aliran kompresi uap standart

Kerja kompresi (kilojoule per kilogram) merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2 hubungan ini diturunkan dari persamaan energi yang mantap (steady flow of energy) $h_1 + q = h_2 + w$

Perubahan energi kinetik dan potensial diabaikan, karena dalam kompresi adiabatic perpindahan kalor q nilainya nol, kerja w sama dengan $h_1 - h_2$. Kerja kompresor dinyatakan dalam proses 1-2. Pelepasan kalor dalam kilojoule per

kilogram merupakan perpindahan kalor dari refrigeran pada proses 2-3 yaitu h_3-h_2 . Nilai pelepasan kalor diperlukan untuk merancang kondensor dan untuk menghitung besarnya cairan pendingin kondensor. Dampak refrigerasi dalam kJ/kg adalah kalor yang dipindahkn pada proses 4-1 atau h_1-h_4 , besarnya harga bagian ini sangat penting diketahui karena proses ini merupakan tujuan utama dari system. Koefisien prestasi (COP) dari daur kompresi uap standar ini adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi :

$$\text{Koefisien prestasi (COP)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Laju aliran volume merupakan petunjuk kasar ukuran fisik kompresor, semakin besar laju tersebut maka semakin besar volume langkah kompresor, dalam ukuran meterkubik/detik.

II-1.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Penguapan

Evaporator yang biasanya dipakai berbentuk pipa bersirip pelat. Tekanan refrigerant yang diturunkan pada katup expansi, didistribusikan secara merata ke dalam pipa evaporator, oleh distributor refrigerant. Dalam hal tersebut refrigerant akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dilarikan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Apabila udara didinginkan, apabila mencapai titik dewpointnya maka uap air yang berada di udara akan mengembun pada permukaan evaporator. Jadi cairan refrigerant diuapkan secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor latent penguapan, selama mengalir di dalam setiap pipa dari koil evaporator. Selama proses penguapan itu di dalam pipa akan terdapat campuran refrigerant dalam fasa cair dan gas. Dalam keadaan tersebut tekanan dan temperaturnya konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat

dicari dengan mengukur tekanan refrigerant di dalam evaporator. Selanjutnya uap yang terjadi akan dihisap oleh kompresor.

Kompresi

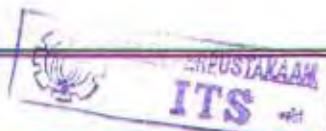
Kompresor menghisap uap refrigerant dari ruang penampung uap. Di dalam penampung uap diusahakan supaya tekanannya tetap rendah, supaya refrigerant senantiasa dalam keadaan uap dan bertemperatur rendah. Di dalam kompresor, tekanan refrigerant dinaikkan kembali sehingga memudahkan pencairannya kembali. Energi untuk kompresi diberikan oleh motor listrik yang menggerakkan kompresor. Jadi, dalam proses kompresi energi diberikan kepada uap refrigerant.

Pada waktu uap refrigerant dihisap masuk ke dalam kompresor temperaturnya masih rendah, tetapi selama proses kompresi berlangsung temperaturnya naik. Jumlah refrigerant yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi tergantung pada jumlah uap yang dihisap masuk ke dalam kompresor.

Pengembunan

Uap refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah di cairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin atau udara pendingin yang ada pada temperatur normal.

Dengan kata lain uap refrigerant menyerahkan panasnya (kalor latent pengembun) kepada zat pendingin di dalam kondensor, sehingga mengembun menjadi cair. Selama refrigerant mengalami perubahan fasa dari uap ke cair tekanan dan temperatur konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanannya.



Temperatur Pengembunan (°C)	Tekanan Pengembunan (kg/cm²)			
	R12	R22	R500	R502
30	6,55	11,23	7,94	14,04
35	7,60	12,93	9,19	15,93
40	8,74	14,74	12,06	17,99

Tabel 2.1 Temperatur pengembunan dan tekanan beberapa refrigerant

Kalor yang dikeluarkan dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendinginan) dan kerja (energi) yang diberikan kompresor ke fluida kerja. Dalam hal penyegaran udara, jumlah kalor kira-kira sama dengan 1,2 kali kapasitas pendinginannya.

Uap refrigerant menjadi cair sempurna di dalam kondensor, kemudian dialirkkan ke dalam pipa evaporator melalui katup ekspansi. Dalam hal ini, temperatur refrigerant cair biasanya 2-3 °C lebih rendah daripada refrigeran jenuh pada tekanan kondensasinya. Temperatur tersebut menyatakan besarnya derajat pendinginan lanjut (degree of subcooling).

Expansi

Untuk menurunkan tekanan dari refrigerant cair yang di cairkan di dalam kondensor, supaya dapat mudah menguap maka dipergunakan alat yang dinamai katup ekspansi atau pipa kapiler.

Setiap alat tersebut terakhir dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang biasanya dipergunakan adalah katup ekspansi

thermostatic yang dapat mengatur laju aliran refrigerant yaitu agar derajat superpanas refrigerant di dalam evaporator dapat diusahakan konstan. Dalam penyegar udara kecil dipergunakan pipa kapiler sebagai pengganti katup ekspansi.

Cairan refrigerant mengalir ke dalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur-angsur. Selanjutnya proses siklus diatas terjadi berulang-ulang.

II-1.3 Komponen Utama Sistem Refrigerasi

1. Evaporator

Fungsi : Merupakan bagian dari sistem refrigerasi dimana refrigerant diubah dari cairan menjadi uap melalui proses penguapan.

Type-type Evaporator :

- Shell and tube Evaporators
- Shell and Coil Evaporators
- Baudelok cooler
- Coil type Evaporators
- Plate Evaporators
- Double – pipe evapators
- Tank and coil evaporators

Karakteristik Evaporator :

Performance/karakteristik evaporator dipengaruhi oleh koefisien perpindahan kalor dari masing-masing komponen, khususnya koefisien didih pada evaporator itu sendiri.

2. RECEIVER

Fungsi :

- Menyimpan atau menerima fluida/cairan refrigerant yang telah diubah dari uap di dalam kondensor, untuk disimpan sampai suatu waktu dibutuhkan oleh evaporator, yang diatur oleh katup ekspansi.
- Sebagai perangkap natural untuk udara yang masuk ke dalam sistem.

3. KOMPRESSOR

Dalam sistem refrigerasi kompresor dibagi menjadi 2 kategori, yaitu :

Kategori I (Type positif displacement)

- Reciprocating compressor(kompressor tórak)
- Rotary compressor
- Gear compressor

Kategori II

- Centrifugal compressor

Fungsi kompressor adalah menaikkan tekanan uap yang keluar dari evaporator, menaikkan titik didih dari uap tersebut dimana dapat terjadi kondensasi dan digunakan kembali.

Karakteristik dari kompresor (kompresor sentrifugal) :

- Perubahan kapasitas sebagai kecepatandan sebagai akar dari temperatur absolut, membuat lebih sensitif terhadap perubahan beban.
- Perubahan tekanan discharge sebagai kecepatan kuadrat menyebabkan mesin beroperasi pada kondisi konstan.

- Kenaikan temperatur kondensor akan mengurangi kapasitas dan horse power yang diinginkan.
- Tekanan yang dihasilkan sebanding dengan density uap
- Kenaikan kompresi ratio sebagai RT akan menurunkan gas konstan lawan temperatur absolut.
- Tekanan yang dihasilkan merupakan jumlah dari tekanan dari tiap-tiap impeller.
- Velocity head dikonversikan menjadi static head merupakan rata-rata pemakaian tetap.
- Static head sama dengan centrifugal head yang dihasilkan dalam impeller dikurangi velocity head pada tiap titik.

4. KONDENSOR

Kondensor dibagi menjadi beberapa tipe umum, yaitu :

1. Surface kondensor

- Shell and tube, horizontal closed type
- Shell and Tube, vertical open type
- Shell and coil

2. Atmospheric condensor :

- Standart type
- Bleeder type

3. Double pipe condensor

4. Evaporative kondensor

5. Air cooled condensor

Karakteristik Kondensor :

- Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan didalam kondensor merupakan suatu fungsi dari kapasitas refrigerasi, suhu penguapan serta suhu pengembunan. Namun istilah yang sering digunakan untuk mengaitkan laju alir kalor di kondensor dan dalam evaporator adalah ratio pelepasan kalor.

RPK = Laju perpindahan kalor/Laju penyerapan kalor di evaporator

6. KATUP EXPANSI

Katup ekspansi dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu :

- Hand expansion valve
- Automatic expansion valve
- Ternostatic expansion valve
- Float valve : (low side float dan high side float)
- Capillary tube

Fungsi dari katup ekspansi yaitu :

Menentukan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator.

II-2 Sistem Kipas dan Saluran Udara

Sistem kipas dan saluran udara (blower) akan memberikan kebutuhan udara yang diminta oleh penumpang, karena salah satu penyebab keadaan ruang yang panas, sumpek dan tidak nyaman adalah karena tidak adanya system ventilasi yang memadai. Sebuah ruangan akan terasa panas jika komposisi udara di ruangan tersebut banyak mengandung CO₂ (Carbondioksida) sebagai akibat proses pernafasan manusia sehingga diperlukan suplai udara dari luar untuk menggantikan udara yang banyak mengandung CO₂ dengan udara dari luar yang

tentu saja masih segar karena banyak mengandung O₂ (oksigen). Seperti kita ketahui bahwa udara luar/segar lebih baik daripada udara yang telah diolah dengan AC. Disamping itu juga untuk mengatasi beban kalor yang terjadi akibat panas konduksi dari luar (matahari) maupun dari dalam (penumpang dan peralatan lain yang dapat menimbulkan panas).

II-2.1 Perhitungan Beban Kalor

II-2.1.1 Perpindahan panas secara konduksi

Konduksi (hantaran) yaitu suatu proses dimana panas mengalir dari daerah bersuhu lebih tinggi kedaerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium (padat). Perpindahan ini disebabkan oleh adanya aktifitas molekuler, sehingga konduksi dapat dipandang sebagai transfer energi dari molekul yang mempunyai energinya lebih rendah akibat adanya interaksi antar molekul. Persamaan laju perpindahan panas secara konduksi diusulkan oleh ilmuan perancis, JJJ Fourier, sebagai berikut :

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dimana

q_k = Laju perpindahan panas secara konduksi, Btu/h

k = Konduktivitas termal bahan, Btu/h ft F

A = Luas penampang yang dilalui panas, diukur tegak lurus terhadap arah aliran, ft²

dT/dX = Gradien suhu pada penampang tersebut, ⁰F/ft

Tanda minus diperlukan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika yaitu panas akan mengalir dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Untuk

kasus aliran panas stedi melalui dinding datar (plane), gradien suhu dan aliran panas tidak berubah dengan waktu sehingga menghasilkan persamaan :

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{\text{luar}}}^{T_{\text{dalam}}} k dt$$

$$q_k = \frac{k \cdot A}{L} (T_{\text{dalam}} - T_{\text{luar}}) \text{ atau}$$

$$q_k = \frac{\Delta T}{L} k \cdot A$$

Tahanan termal yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi :

$$R_k = \frac{L}{k \cdot A}$$

II-2.1.2 Perpindahan panas secara Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas secara elektromagnetik dari benda yang mempunyai suhu tinggi dari benda yang mempunyai suhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, yang mana benda-benda tersebut terpisah di dalam ruangan. Radiasi dapat memindahkan energi menyebrangi ruang vakum dan tidak tergantung pada medium perantara untuk menghubungkan dua permukaan. Radiator sempurna atau benda hitam (black body) memancarkan energi radiasi dari permukaannya :

$$q_r = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Dimana :

q_r = Laju perpindahan panas secara radiasi, Btu/h

σ = konstanta Stefan - Boltzman

$$= 0,1714 \cdot 10^{-8} \text{ Btu/h ft}^2 \text{ R}^4$$

A = Luas permukaan, ft^2

T = suhu permukaan, $^{\circ}\text{R}$

Apabila benda hitam tersebut beradiasi ke sebuah penutup yang sepenuhnya mengurung, maka laju bersih perpindahan panas radiasi diberikan oleh :

$$q_r = \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana :

q_r : Laju perpindahan panas radiasi, BTU/h

A : Luas permukaan, ft^2

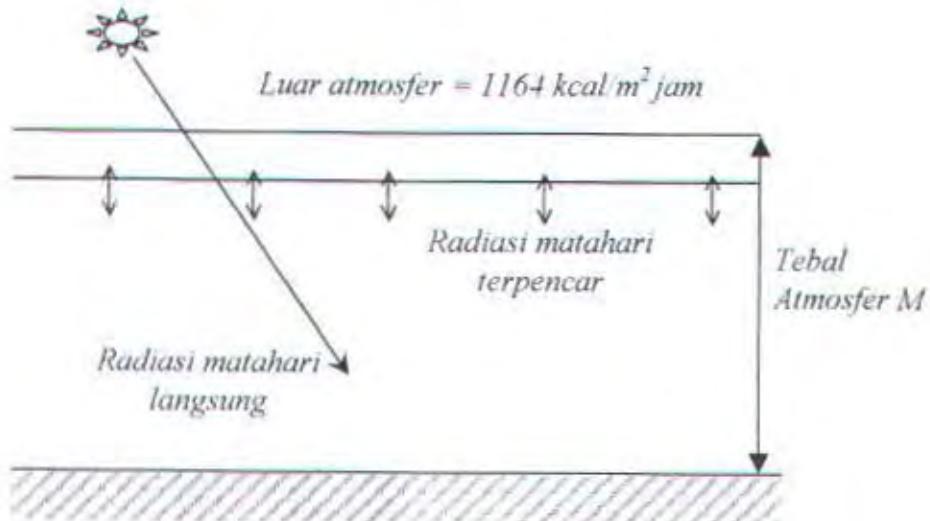
ϵ : emisitas bahan

T_1 : suhu benda nyata, $^{\circ}\text{R}$

T_2 : suhu sekeliling, $^{\circ}\text{R}$

II-2.1.3 Radiasi Matahari

Ada dua macam radiasi yang diakibatkan oleh matahari yaitu radiasi matahari langsung dan radiasi matahari tak langsung (terpencar). Digambarkan di bawah ini :



Gb.2.3 Radiasi matahari langsung dan radiasi matahari terpencar

Sesuai dengan kedudukan permukaan bidang terhadap arah datangnya radiasi, maka besarnya radiasi matahari langsung dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$J_n = 1164 \cdot P^{\text{posec } h}$$

$$J_h = 1164 \cdot P^{\text{posec } h} \cdot \sin h$$

$$J_v = 1164 \cdot P^{\text{posec } h} \cdot \cos h$$

Dimana :

J_n = Radiasi matahari langsung pada bidang yang tegak lurus arah datangnya radiasi, kcal/m² hr.

J_h = Radiasi matahari langsung pada bidang yang horizontal, kcal/m² hr.

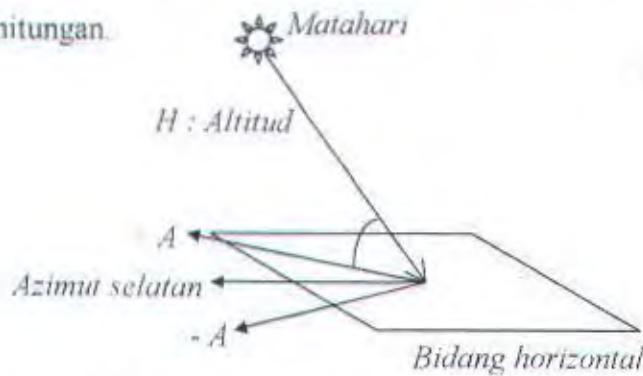
J_v = Radiasi matahari langsung pada bidang yang vertikal arah datangnya radiasi, kcal/m² hr.

1164 = konstanta panas matahari / radiasi matahari rata-rata tahunan di antariksa.

P = Permeabilitas atmosferik

h = Ketinggian matahari

Permeabilitas atmosferik adalah komplimen dari faktor reduksi yang memperhitungkan adanya panas radiasi matahari yang diserap oleh lapisan udara atmosfer di atas permukaan bumi. Harga P dianggap konstan pada waktu dilakukan perhitungan.



Gb. 2.4 Azimuth matahari dan ketinggian (altitud)

Ketinggian matahari (h) dan azimut (A) dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15 \tau$$

$$\cos A = \frac{\sin h \cdot \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \psi}$$

dimana :

h = ketinggian matahari

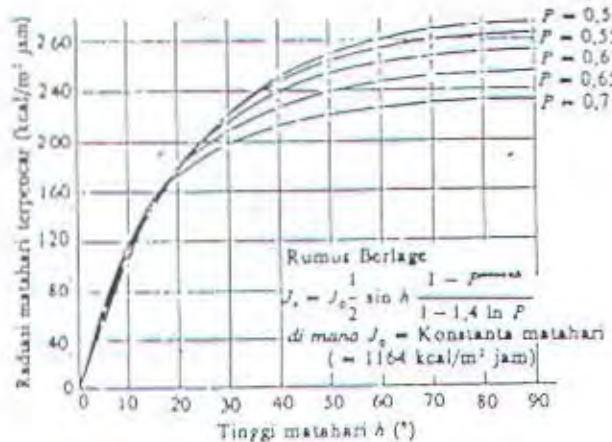
A = Azimut matahari, (disebelah selatan adalah 0, ke arah barat adalah positif, ke arah timur adalah negatif)

ψ = kedudukan garis lintang (lintang utara adalah positif, lintang selatan adalah negatif)

δ = deklinasi matahari

τ = saat penyinaran matahari (12.00 adalah 0, >12.00 adalah positif, <12.00 adalah negatif)

Untuk mengetahui besarnya radiasi matahari tak langsung (terpencar) bias dilihat dari grafik di bawah ini :



Gb. 2.5 Grafik Radiasi Matahari Terpencar

Radiasi matahari yang mengenai suatu permukaan dapat dinyatakan ke dalam temperatur ekivalen dari radiasi matahari berikut :

$$T_e = \epsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

Dimana

J = radiasi matahari, kcal/m² hr

R_{so} = tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar, m² hr °C/kcal

ϵ = faktor absorpsi radiasi dari permukaan luar.

Jumlah temperatur ekivalen dari radiasi matahari (T_e) dengan temperatur udara luar, dinamai : " Sol Air Temperatur (SAT)" yaitu suhu udara matahari, merupakan suhu udara yang naik oleh adanya radiasi matahari.

II-2.2 Perencanaan Saluran Udara

Untuk menyalurkan udara dari luar ke dalam ruangan perlu diperhatikan empat hal yang berkaitan dengan aliran udara di dalam satu sistem udara :

- Perhitungan penurunan tekanan udara yang mengalir melalui saluran-saluran dan sambungan-sambungan(fittings).
- Perhitungan penurunan tekanan untuk merancang sistem saluran udara.
- Pemahaman terhadap sifat-sifat kipas bebas dan yang dipasang pada sistem saluran udara.
- Perancangan distribusi udara pada ruangan yang akan dikondisikan.

II-2.2.1 Penurunan Tekanan

Penurunan tekanan fluida yang mengalir melalui saluran udara lurus dan berpenampang bundar mempunyai persamaan dasar, sbb :

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \rho$$

Dimana : Δp = Penurunan Tekanan, Pa

F = Faktor gesekan, tak berdimensi

L = Panjang, m

D = Diameter dalam (DD) saluran, m

ρ = Massa jenis fluida, kg/m³

V = Kecepatan, m/det

Faktor gesekan f adalah suatu fungsi dari bilangan Reynolds dan kekasaran relatif (relatif roughness) permukaan pipa (ϵ/D), dengan ϵ adalah kekasaran absolut, bersatuan meter. Rumusan secara grafik dan persamaan yang mengemukakan faktor gesekan dapat ditemukan :

$$f = \left\{ \frac{1}{1.14 + 2 \log \frac{D}{\epsilon} - 2 \log \left[1 + \frac{9.3}{Re(\epsilon/D)\sqrt{f}} \right]} \right\}$$

Persamaan di atas mempunyai nilai relatif yang belum jelas, jadi perlu dihitung dengan cara mencoba-coba, dengan memasukkan harga f berulang kali sehingga di dekati harga f yang sebenarnya. Bilangan reynold :

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu}$$

dengan μ = Viskositas, Pa.det

Harga f dalam bentuk grafik adalah suatu bagan dari moody².

Kekasarannya sangat mempengaruhi laju aliran fluida/udara sehingga dapat digolongkan menjadi bermacam-macam.

Bahan	Kekasarannya ϵ , m
Baja yang di keling	0,0009 – 0,009

Beton	0.0003 – 0.003
Besi tuang	0.00026
Logam lembaran	0.00015
Baja komersial	0.000046
Pipa/tabung tarik (Drawn tubing)	0.0000015

Tabel 2.2 Kekasaran Absolut (ϵ) dari sejumlah permukaan

Suhu °C	Viskositas Pas	Massa jenis udara , Kg/m³
-10	16,768	1,3414
0	17,238	1,2922
10	17,238	1,2467
20	18,178	1,2041
30	18,648	1,1644
40	19,118	1,1272
50	19,588	1,0924

Tabel 2.3 Viskositas dan rapat massa udara kering pada tekanan atmosfer standart

II-2.2.2 Penurunan Tekanan dalam saluran persegi

Saluran persegi sangat luas digunakan dalam bidang pengkondisian udara , persamaan penurunan tekanan dalam saluran persegi tersebut sangat diperlukan :

$$\Delta p = f \frac{L}{D_{eq}} \frac{V^2}{2} \rho$$

dimana : D_{eq} = diameter ekivalen saluran persegi (m)

dicari dengan rumus :

$$D_{eq} = \frac{4 \times \text{luas penampang}}{\text{perimeter}} = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{2ab}{a+b}$$



Gb. 2.6 Penurunan Tekanan dalam saluran persegi

II-2.2.3 Kerugian Tekanan Karena Tahanan Lokal (fittings).

Setiap instalasi saluran udara umumnya terdiri dari saluran lurus dan sambungan-sambungan. Dalam sambungan tersebut udara mengalami perubahan luas dan arah. Sambungan terdiri dari : pembesaran, pengecilan, siku-siku, cabang-cabang, damper, saringan-saringan dan register. Penurunan udara dalam sambungan harus diketahui untuk perancangan system yang baik. Dalam perancangan yang sebenarnya penurunan dalam sambungan lebih diperhatikan dari saluran lurus yang menghubungkannya. Tahanan local dari saluran udara disebabkan oleh arus eddy local. Arus tersebut disebabkan karena adanya perlengkapan (fitting), seperti : belokan, saluran keluar, penyempitan atau perluasan saluran.

Besarnya kerugian tekanan karena tahanan local, dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta P_l = C_o \cdot \rho \cdot [V / 1097]^2$$

dimana :

ΔP_l = kerugian tekanan dalam fitting, in H_2O

C_o = koefisien tahanan local

V = Kecepatan rata-rata udara, ft/min

ρ = massa jenis udara, lb/ ft^3

$$\Delta P_t = \zeta \cdot \frac{\rho}{2g} \cdot V^2$$

dimana :

ΔP_t = kerugian tekanan dari fitting, mm H₂O

ζ = koefisien tahanan local

V = Kecepatan rata-rata udara, ft/min

ρ = massa jenis udara, lb/ft³

g = percepatan gravitasi, m/s²

$$\Delta P_t = K \cdot [V/4005]^2$$

dimana :

ΔP_t = Kerugian tekanan dari fitting, in H₂O

II-2.2.4 Kerugian Tekanan Karena Adanya Gesekan

Udara mengalir di dalam saluran udara akan mengalami tahanan gesek.

Tahanan gesek tersebut terutama disebabkan oleh adanya arus eddy. Dengan demikian tekanan udara akan berkurang sepanjang alirannya di dalam saluran. Pada umumnya tahanan gesek dari pipa (lingkaran) lurus dapat dihitung dengan persamaan Darcy – Weisbach :

$$\Delta P_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{\gamma}{2g} V^2$$

dimana :

ΔP_f = kerugian tekanan karena tahanan gesek, mm H₂O

l = panjang pipa, m

d = diameter pipa, m

λ = koefisien gesek dari pipa

V = kecepatan fluida dalam pipa, m/s

II-2.2.5 Pengecilan Saluran

Bila udara mengalir tanpa gesekan melalui suatu nozel yang mengecil atau membesar, akan berlaku persamaan Bernoulli :

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2}$$

karena, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2}$, maka

$$p_1 - p_2 = \frac{V_1^2 \rho}{2} \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right]$$



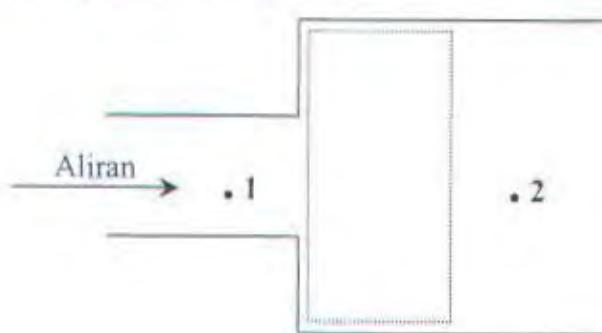
Gb. 2.7 Aliran melalui bagian saluran mengecil

II-2.2.6 Pembesaran Saluran Mendadak

Rumusan untuk pembesaran mendadak dicari untuk P hilang karena P hilang = rugi tekanan :

$$P_{hilang} = \frac{V_1^2}{2} \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 P_u$$

Rumus kehilangan tekanan adalah hasil kali antara kelompok $V^2 \rho / 2$ dan suatu suku yang menyatakan geometri.



Gb. 2.8 Aliran melalui bagian saluran membesar

II-2.2.7 Pengecilan Saluran Mendadak

Pengecilan mendadak pada suatu bagian saluran yaitu pengecilan ukuran saluran yang tiba-tiba dalam arah aliran. Pola aliran dalam pengecilan yang mendadak mengandung aliran fluida yang memisah dari dinding karena memasuki luas penampang yang mengecil dan suatu pengerutan vena yang terbentuk dititik 1'. Dirumuskan :

$$p_{hilang} = \frac{V_1^2 \rho}{2} \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 Pa$$

disubstitusikan

$$p_{hilang} = \frac{V_2^2 \rho}{2} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2 Pa$$

$$Cc = \frac{A_1}{A_2} = \frac{V_2}{V_1} (Cc = \text{Koefisien penyempitan})$$

Koefisien penyempitan adalah suatu fungsi dari perbandingan luas A_2/A_1 ; yang telah dibuktikan secara percobaan oleh Weisbach^s pada tahun 1855.

$\frac{A_1}{A_2}$	Cc	$\left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$
0,1	0,624	0,366
0,2	0,632	0,340
0,3	0,643	0,310
0,4	0,659	0,270
0,5	0,681	0,221
0,6	0,712	0,160
0,7	0,755	0,103
0,8	0,813	0,050
0,9	0,892	0,010
1,0	1,000	0,000

Tabel 2.4 Koefisien Pengecilan dalam pengecilan mendadak saluran

Rancangan suatu system saluran umumnya terdiri dari beberapa bagian saluran lurus, belokan, saluran masuk dan saluran keluar cabang, damper-damper, dan unit-unit terminal seperti pengatur debit (register) dan diffuser. Dalam merancang system udara, penurunan tekanan yang disebabkan oleh hambatan koil-koil penukar kalor/saringan-saringan harus dihitung. Hal terpenting yang bagi suatu system saluran udara adalah :

- Mengalirkan udara dengan laju tertentu ke lokasi-lokasi yang ditentukan.
- Ekonomis untuk semua biaya awal, biaya kerja kipas dan harga ruang yang ditempati.
- Tidak mengeluarkan atau menjalarkan suara bising yang mengganggu.

Perancangan saluran udara harus berdasarkan kebutuhan ruangan-ruangan serta kecepatan aliran udara untuk mendapatkan saluran-saluran udara yang sesuai dengan kebutuhan. Ada tiga metoda perancangan utama yang dapat digunakan tapi hanya dibahas 2 diantaranya.

II-2.2.8 Metode-Metode Perancangan Saluran Udara

II-2.2.8.1 Metode Kecepatan

Metode ini memilih terlebih dahulu kecepatan di dalam saluran utama dan cabang-cabang, kemudian dihitung penurunan tekanan pada semua aliran. Kipas dipilih sedemikian rupa agar dapat membangkitkan tekanan yang mencukupi kebutuhan pada saluran yang penurunan tekanannya terbesar. Pemakaian yang standart menghendaki adanya instalasi damper penyeimbang (balance damper) dalam setiap jalur cabang, dan damper yang berada di dalam aliran yang

membutuhkan beda tekanan terbesar di biarkan terbuka lebar sementara damper-damper yang lain agak ditutup agar aliran udara mencapai harga rancangannya.

II-2.2.8.2 Metode Equal Friction (Gesekan Sama)

Metode ini memilih penurunan tekanan yang disediakan di dalam sistem saluran dan menentukan ukuran saluran-saluran untuk menyebarkan tekanan tersebut. Langkah-langkah dalam metode ini :

1. Menentukan penurunan tekanan yang disediakan
2. Menghitung panjang ekivalen dari seluruh jalur (jumlah panjang saluran lurus + panjang ekivalen sambungan-sambungan)
3. Membagi penurunan tekanan yang tersedia di atas dengan panjang ekivalen yang besar di antara jalur-jalur
4. Dengan gradien tekanan yang didapat dari langkah tiga dan laju aliran pada tiap-tiap bagian dari jalur yang terpanjang di atas
5. Untuk bagian-bagian sisanya, tentukan ukuran saluran untuk menggunakan penurunan tekanan tersebut, tetapi tetap berada di dalam kecepatan yang tidak menimbulkan kebisingan

Metode gesekan sama biasanya menghasilkan rancangan-rancangan yang lebih baik dari metode kecepatan, karena kebanyakan dari tekanan yang tersedia lebih banyak hilang dalam gesekan-gesekan di dalam saluran-saluran dan sambungan-sambungan daripada yang hilang di damper penyeimbang.

II-2.3 Perubahan Tekanan Dalam Saluran Udara

Di dalam setiap saluran terjadi perubahan tekanan total, karena adanya kerugian tekanan yang disebabkan adanya tahanan gesek dan tahanan lokal, ataupun perubahan tekanan dinamik yang disebabkan karena adanya perubahan

kecepatan. Kipas udara menghisap dan menekan udara masuk ke dalam saluran keluar. Oleh karena udara keluar dari kipas udara dengan tekanan static dan tekanan dinamik yang positif, dengan sendirinya tekanan totalnya juga positif. Di dalam saluran keluar juga terjadi kerugian tekanan, sehingga tekanan totalnya akan semakin berkurang di tempat yang lebih jauh dari kipas udara. Dirumuskan :

$$\begin{aligned} P_T &= P_{t_2} - P_{t_1} = (P_{v2} - P_{s2}) - (P_{v1} - P_{s1}) \\ &= (P_{s2} - P_{s1}) - (P_{v2} - P_{v1}) \end{aligned}$$

Karena kecepatan udara pada lubang masuk dan lubang keluar kipas udara kira-kira sama, maka :

$$P_T = P_{s2} - P_{s1}$$

Sehingga tekanan static kipas udara :

$$P_s = P_T - P_{v2} = P_{s2} - P_{s1} - P_{v2}$$

dimana :

P_T = tekanan total dari kipas udara

P_{v2} = Tekanan dinamik pada lubang keluar kipas udara

Jumlah kerugian tekanan untuk mesing-masing bagian dari saluran udara yang disebut : total resistance adalah sama dengan total tekanan fan yang diperlukan.

II-3 Life Cycle Costing

Mempunyai arti pada penjumlahan semua biaya-biaya, baik biaya yang berulang maupun tidak berulang, sehubungan dengan product, struktur, system atau jasa selama jangka waktu hidup/operasi-nya. Life cycle costing dimulai dengan identifikasi kebutuhan atau keinginan ekonomis (keperluan) dan berakhir dengan kegiatan pengunduran atau pembuangan. Horizon waktunya lah yang harus



didefinisikan dalam konteks keadaan tertentu, akhir dari life cycle costing dapat diproyeksikan secara fungsional atau ekonomis. Life cycle dapat dibagi menjadi dua periode waktu yang umum: fase akuisisi dan fase operasi.

II-3.1 Fase Akuisisi

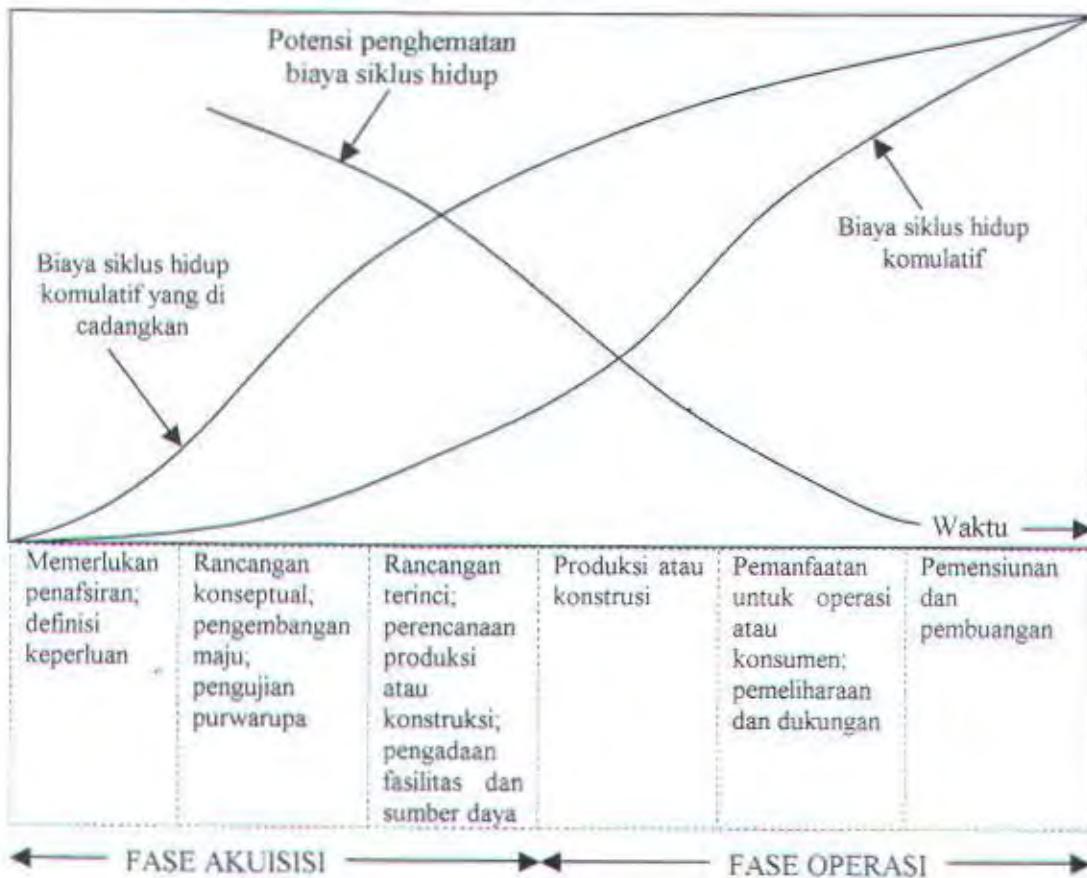
Fase ini dimulai dengan suatu analisis kebutuhan atau keinginan ekonomis, analisis yang diperlukan untuk membuat kebutuhan akan sistem pelayanan menjadi eksplisit. Dari keperluan yang didefinisikan eksplisit, kegiatan-kegiatan lain dalam fase akuisisi dapat dimulai dengan urutan logis. Kelompok kegiatan selanjutnya dalam fase akuisisi termasuk perancangan dan perencanaan terinci untuk produksi atau konstruksi. Tahap ini diikuti oleh kegiatan-kegiatan yang diperlukan untuk bersiap, memperoleh dan make ready dalam pengoperasian fasilitas-fasilitas. Studi ekonomi teknik merupakan bagian penting dari proses perancangan untuk menganalisis dan membandingkan alternatif-alternatif serta untuk membantu dalam menentukan rancangan akhir yang terinci.

II-3.2 Fase Operasi

Pada fase ini terjadi produksi, penyampaian atau konstruksi dari barang-barang atau jasa akhir dan pengoperasian atau penggunaanya oleh pemakai. Fase ini berakhir dengan pengunduran dari pengoperasian atau pemakaian aktif, seringkali termasuk pembuangan aset-aset yang bersifat fisik. Prioritas selama fase operasi adalah :

1. Mencapai dukungan yang efisien dan efektif terhadap pengoperasian.

2. Menentukan apakah (dan kapan) penggantian asset harus dilakukan.
3. Memproyeksikan penetapan waktu untuk kegiatan-kegiatan pengunduran atau pembuangan.



Gb. 2.9. Tahap-tahap life cycle costing dan biaya relatifnya

Kurva biaya siklus hidup kumulatif yang tersedia meningkat dengan cepat selama fase akuisisi. Secara umum, kurang lebih 80 % dari biaya siklus hidup terkunci didalam pada akhir fase ini oleh keputusan-keputusan yang dibuat selama analisis keperluan dn rancangan awal dan terinci. Sebaliknya seperti ditunjukkan oleh kurva biaya siklus hidup kumulatif hanya sekitar 20 % biaya actual yang terjadi selama fase akuisisi, dengan sekitar 80 % terjadi selama fase operasi.

Jadi salah satu kegunaan konsep life cycle costing adalah untuk mengeksplisitkan efek-efek biaya-biaya yang saling berhubungan itu sepanjang

rentang hidup suatu produk. Tujuan dari proses perancangan adalah untuk meminimalkan biaya siklus hidup, dengan jalan membuat tukar rugi yang tepat antara biaya-biaya yang diperkirakan akan muncul (prospektif) selama fase akuisisi dengan biaya-biaya selama fase operasi.

II-3.3 Dasar-dasar Life Cycle Costing

II-3.3.1 Nilai Waktu dari Uang

Modal (capital) menyatakan kekayaan dalam bentuk uang/milik dapat digunakan untuk menghasilkan lebih banyak kekayaan dalam periode waktu yang panjang. Pengaruh waktu harus dipertimbangkan karena nilai uang satu dolar saat sekarang akan lebih berharga dari satu dolar dalam waktu satu atau dua tahun yang akan datang karena adanya bunga/laba yang dihasilkan darinya.

II-3.3.2 Rumus-rumus suku bunga

Ukuran waktu berpengaruh kuat terhadap suku bunga dalam hubungan pemakaian hari ini dan penggunaan uang dimasa yang akan datang, biasanya disajikan dalam table bunga. Ada beberapa rumus yang digunakan dalam situasi yang rumit dengan jumlah uang yang single present atau single future diberikan suku bunga dalam jangka waktu aliran modal.

Enam rumus suku bunga :

- Single Compound Amount (SCA)

$$\text{SCA} = (1 + i)^n$$

- Single Present Worth (PW)

$$\text{PW} = 1 / (1 + i)^n$$

$$P = F \times \text{PW}$$

- Periodic Payment (PP)

$$PP = i(1+i)^n / (1+i)^n - 1$$

$$A = P \times PP$$

- Present Worth of Annuity (PWA)

$$PWA = (1+i)^n / i(1+i)^n$$

$$P = A \times PWA$$

- Uniform Sinking Fund (USF)

$$USF = i / (1+i)^n - 1$$

$$A = F \times USF$$

- Uniform Compound Amount (UCA)

$$UCA = (1+i)^n - 1 / i$$

$$F = A \times UCA$$

Dimana :

i = Tingkat bunga efektif per periode bunga

n = Banyak periode pemajemukan

P = Banyaknya uang saat ini ; suatu nilai keekivalenan nilai dari satu atau lebih arus kas pada suatu titik acuan waktu yang disebut dengan sekarang atau saat ini.

F = Banyaknya uang dimasa dating ; suatu nilai keekivalenan dari satu atau lebih arus kas pada suatu titik acuan waktu yang disebut sebagai massa depan.

A = Arus kas pada akhir periode (atau nilai keekivalenan di akhir periode) dalam suatu deretan seragam yang berlanjut sampai sejumlah periode tertentu, yang mulai pada akhir periode pertama dan terus hingga periode akhir.

BAB III

DATA SISTEM AIR CONDITIONER (AC) PADA KAPAL PAX 500

BAB III

DATA SISTEM AIR CONDITIONER (AC) PADA KAPAL PAX 500

III-1 UKURAN UTAMA (Main Dimension) KAPAL

- Nama Kapal : K. M. Wilis
- Type : Passenger vessel Type 500
- Length Overall : ABT 74,00 m
- Length Between Perp. : 68,00 m
- Breadth : 15,20 m
- Mean Draught : ABT 2,85 m
- Accomodation :
 - 2sd Class passenger : 44 persons
 - Economy Class Passenger : 418 persons
 - Passenger Total : 462 persons
 - Crew : 47 persons

III-2 Sistem Air Conditioner pada Kapal Pax 500

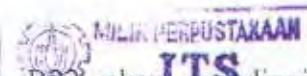
Sistem AC terpasang pada kapal penumpang pax 500 ini menggunakan AC dengan system single duct yang disupply dari AC sentral di deck 5 yang dibagi menjadi 3, yaitu :

- Low pressure single duct system, yang mensupply public room dengan kecepatan udara antara 6 – 12 m/s.
- Medium pressure single duct system, yang mensupply ruang penumpang dan kabin ABK dengan kecepatan udara antara 8 – 18 m/s.

- High pressure single duct system, yang mensupply engine control room dan hospital dengan kecepatan udara antara 6 – 12 m/s.

Sistem AC ini menggunakan 40 % dari udara ventilasi total untuk disirkulasi ulang. Kapasitas udara segar untuk ventilasi minimal $25 \text{ m}^3/\text{h}$ per orang untuk semua kondisi operasi kapal. Pada kapal Pax 500 ini menggunakan sistem expansi tak langsung dengan refrigeran sekunder yang berupa chilled water sebagai pendingin udara ventilasi yang akan dimasukkan ke dalam ruang penumpang.

Sedangkan refrigeran primer yang berupa R22 akan mendinginkan refrigerant sekunder melalui evaporator, sedangkan kondensor mesin refrigerasi didinginkan oleh air laut. Pada sistem ini, udara yang masuk ke ruang penumpang didinginkan oleh dua unit mesin refrigerasi yang berada pada deck 1 yang bekerja bersamaan.



III-3 Peralatan Utama Sistem Air Conditioner pada Kapal Pax 500

Data peralatan AC yang terdapat pada kapal Pax 500 yaitu sebagai berikut :

1. Kompressor

Type : SAB 163 H MK3

Jumlah : 1 unit

Speed : 3000 Rpm

Working Pres. : 25 Bar

Test Pres. : 42 Bar

2. Electric Motor

Type : BN 7280 M

Jumlah : 1 unit
Daya : 132 KW, 3~
Tegangan : 460/690 V Δ/Y
Cos φ : 0,88
Speed : 3000 Rpm

3. Kondensor

Type : EIKK 323118
Max Op. Pres : 21,0 Bar
Test Pres. : 32,0 Bar
Max. Op. Tem : 45 °C
Min. Op. Tem : -15 °C
Volume : 50 Lt.

4. Chilled Water Pump

Type : VRF 3/350 G
Jumlah : 1 unit
Kapasitas : 72 m³/jam
Pressure : 3,2 Bar
Putaran : 1800 Rpm

5. Chilled Water Pump Motor

Type : AM 160 L2 A4
Jumlah : 1 unit
Tegangan : 460 Δ ,50 Hz , 3~
Daya : 15 KW/ 20 HP
Putaran : 1800 Rpm

Cos φ : 0,88

6. Sea Water Pump Motor

Type :

Jumlah : 1 unit

Tegangan : 460 Δ ,50 Hz , 3~

Daya : 9 KW/15 HP

Putaran : 1800 Rpm

Cos φ : 0,88

7. Katup Ekspansi

Type : AKV 20

Jumlah : 1 unit

Range Cap : 100 Kw – 630 Kw (R22)

8. Evaporator

Type : CONC 323101

Jumlah : 1 unit

Max Op. Pres : 26,0 Bar

Test Pres. : 39,0 Bar

Max. Op. Tem: 120 °C

Min. Op. Tem : 0 °C

Volume : 410 Lt

Daya total yang digunakan untuk menggerakkan system AC ini pada K.M.

Wilis : 132 Kw. Daya yang besar ini tentu saja akan memperbesar biaya operasional, disamping investasi peralatan AC yang tinggi.

III-4 Data Isolasi Dinding pada Kapal Pax 500

Insulation factor (k)

- Ekspose deck over akomodation : $k = 0,9 \text{ W/m}^2\text{k}$ ($0,8 \text{ kcal/m}^2.\text{ }^\circ\text{C/h}$)
- Ekspose bulkhead and wall : $k = 0,9 \text{ W/m}^2\text{k}$ ($0,8 \text{ kcal/m}^2.\text{ }^\circ\text{C/h}$)
- Bulkhead and floor adjacent to engine room casing, air condition room, galley, sculleries, etc : $k = 0,8 \text{ W/m}^2\text{k}$ ($0,7 \text{ kcal/m}^2.\text{ }^\circ\text{C/h}$)
- Floor over outer allyways, store, etc. : $k = 1,4 \text{ W/m}^2\text{k}$ ($1,2 \text{ kcal/m}^2.\text{ }^\circ\text{C/h}$)
- Deck and bulkhead adjoining, head tanks, etc. : $k = 0,8 \text{ W/m}^2\text{k}$ ($0,7 \text{ kcal/m}^2.\text{ }^\circ\text{C/h}$)

BAB IV

PERENCANAAN BLOWER PADA RUANG PENUMPANG ECONOMY CLASS KAPAL PAX 500

BAB IV**PERENCANAAN BLOWER UNTUK RUANG PENUMPANG
ECONOMY CLASS KAPAL PAX 500****IV-1 Perhitungan Beban Kalor**

Banyaknya panas yang terjadi dalam suatu ruangan pada waktu tertentu dinamakan beban kalor. Beban kalor yang terjadi dalam perencanaan ini diakibatkan oleh 2 macam beban kalor :

1. Beban kalor internal
2. Beban kalor eksternal

IV-1.1 Beban Kalor Internal

Beban kalor yang berasal dari dalam ruang penumpang itu sendiri yaitu :

- ❖ Beban kalor dari lampu penerangan (beban kalor dari peralatan listrik selain lampu diabaikan)
- ❖ Beban kalor dari penumpang

IV-1.1.1 Panas yang di bebaskan oleh lampu penerangan

Pada KM. Wilis digunakan lampu penerangan jenis FL 1 x 40 W untuk ruang penumpang economy class jumlah lampu yang digunakan di tiap deck :

1st Deck = 26 buah, 2nd Deck = 26 buah, 3rd Deck = 48 buah, 4th Deck = 28 buah
jadi jumlah total lampu yang digunakan ada 128 buah. Daya lampu total (N) =
 $128 \times 40 \text{ W} = 5,12 \text{ KW}$.

Panas yang dibebaskan dapat dihitung dengan persamaan :

$$qL = 864.N$$

Dimana : N = Daya lampu total (KW)

$$qL = 864 \times 5,12 = 4423,68 \text{ Kcal/hr}$$

IV-1.1.2 Panas yang dibebaskan oleh penumpang

Jumlah penumpang untuk economy class = 418 orang dan panas yang dibebaskan dapat dihitung dengan persamaan :

$$qP = n \cdot H$$

Dimana : n = jumlah penumpang

H = panas yang dikeluarkan manusia (75 Kcal/hr)

(Tabel 40 lampiran 1)

maka : $qP = 418 \times 75 = 31350 \text{ Kcal/hr}$

IV-1.2 Beban kalor eksternal

Beban kalor yang terjadi karena radiasi matahari yang mengenai pelat lambung sehingga dapat megakibatkan naiknya temperatur bagian luar pelat. Dengan proses konduksi akan terjadi perpindahan panas dari luar pelat ke bagian dalam pelat sehingga mengakibatkan naiknya suhu dalam ruangan. Untuk memudahkan perhitungan beban kalor yang berasal dari radiasi matahari maka diambil beberapa assumsi :

- ❖ Kapal berada di equator menghadap utara (untuk mendapatkan kedudukan garis lintang 0°)
- ❖ Perhitungan berdasarkan bulan terpanas yaitu : bulan September
- ❖ Hanya dihitung pelat lambung yang berada diatas garis air (freeboard)
- ❖ Dilakukan pada jam-jam terpanas yaitu pada pukul 10.00, 12.00, 14.00 yang berselisih 30° (1 jam = 15° sudut pergerakan matahari)

Pukul 10.00

Sudut ketinggian matahari di dapatkan dari persamaan :

$$\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cos 15\tau$$

dimana : ψ = kedudukan garis lintang (0° untuk equator)

δ = Deklinasi matahari ($\delta = 0,30^\circ$)

(dari Gb. 3.8 Lampiran 2)

τ = saat penyinaran matahari ($10.00 = -2$; $12.00 = 0$; $14.00 = 2$)

$$\begin{aligned} \text{maka : } \sin h &= \sin 0^\circ \cdot \sin 0,30^\circ + \cos 0^\circ \cdot \cos 0,30^\circ \cdot \cos 15^\circ \cdot -2 \\ &= 0,866 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{Arc sin } 0,866 \\ &= 60,0^\circ \end{aligned}$$

Radiasi matahari langsung pada pelat lambung sebelah kanan :

$$\begin{aligned} J_V &= 1164 \cdot P^{\cos \psi h} \cdot \cos h \\ &= 1164 \cdot 0,6^{\cos 60^\circ} \cos 60^\circ \\ &= 322,67 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

dimana : P = Permeabilitas atmosferik ($0,5 - 0,7$ di ambil $P = 0,6$)

Radiasi matahari terpencar/tak langsung didapat dari grafik radiasi matahari terpencar (Gb. 2.5 pada bab II), pada $P = 0,6$ $h = 60,0^\circ$ di dapat $J_S = 260 \text{ Kcal/m}^2 \text{ jam}$ (untuk pelat lambung sebelah kiri).

Temperatur ekivalen radiasi matahari :

$$T_e = \varepsilon \cdot R_{\odot} \cdot J$$

Dimana : ε = Faktor absorpsi radiasi matahari $\varepsilon = 0,7$

(Tabel 3.14 Lampiran 3)

R_{so} = tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar ($R_{so} = 0,05 \text{ m}^2 \text{h}^{-1} \text{C}/\text{kca}$ dari table 3.10 lampiran 1)

$$J = J_v + J_s$$

Maka :

Untuk pelat lambung kanan :

$$\begin{aligned} T_e &= 0,7 \cdot 0,05 \cdot 582,67 \\ &= 20,39^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Untuk pelat lambung kiri :

$$\begin{aligned} T_e &= 0,7 \cdot 0,05 \cdot 260 \\ &= 9,1^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Jumlah temperatur udara luar disebut suhu udara matahari (SAT) besanya :

$$T \text{ udara luar} = 32^\circ \text{C}$$

Maka : $T_{SAT} = T_e + T \text{ udara luar}$

$$\text{Pelat lambung kanan} : T_{SAT} = 20,39 + 32 = 52,39^\circ \text{C}$$

$$\text{Pelat lambung kiri} : T_{SAT} = 9,1 + 32 = 41,1^\circ \text{C}$$

Persamaan koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U) :

$$U = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}}$$

Dimana :

L = Tebal pelat lambung ruang penumpang (menurut BKI 7-8 mm diambil 8 mm)

K = Koefisien bulkhead dan dinding kapal Pax 500 ($K = 0,8 \text{ Kcal/m hr}^\circ \text{C}$)

H = Koefisien konveksi dalam ruang penumpang

Direncanakan $T = 32^{\circ}\text{C}$ karena hanya menggunakan blower sehingga udara yang masuk dari luar tanpa diolah masuk ke dalam ruangan.

$$T = 32^{\circ}\text{C} = 305^{\circ}\text{K}$$

Dari (table A-5 Lampiran 4) sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer diperoleh (dengan interpolasi) :

300°K	1,1774	15,69
305°K	ρ	v
350°K	0,9980	20,76

Maka :

$$(300 - 350)/(300 - 305) = (1,774 - 0,9980)/(1,1774 - \rho)$$

$$-50/-5 = 0,1794/(1,1774 - \rho)$$

$$\rho = 1,1595$$

Dengan cara yang sama di dapat :

$$v = 15,183 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$C_p = 1,0060 \text{ KJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 1,8691 \cdot 10^4 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

$$k = 0,02661 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$\Pr = 0,7069$$

Sehingga bilangan reynold dapat dicari :

$$Re = \frac{V \cdot x}{\nu}$$

$$= (3 \cdot 53,5)/16,6 \cdot 10^{-6}$$

$$= 9,67 \cdot 10^6$$

$$Nu = 0,02661 \cdot \Pr^{1/3} \cdot Re^{4/5}$$

$$= 0,02661 \cdot (0,7069)^{1/3} \cdot (9,67 \cdot 10^6)^{4/5}$$

$$= 9168,8$$

$$h = (0,02661 \cdot Nu)/x$$

$$= (0,02661 \cdot 9186,8)/53,5$$

$$= 4,57 \text{ W/m}^2 \text{ } {}^\circ\text{C} = 4,127 \text{ Kcal/m}^2 \text{ hr } {}^\circ\text{C}$$

maka :

$$U = \frac{1}{\frac{L}{K} + \frac{1}{h}}$$

$$= 1/((0,008/0,8)+(1/4,127))$$

$$= 1/0,2523$$

$$= 3,96 \text{ Kcal/m}^2 \text{ hr } {}^\circ\text{C}$$

Beban panas yang masuk ke ruang penumpang melalui pelat lambung dengan persamaan : $q = U \cdot A \cdot \Delta T$

Dimana :

A = Luas permukaan yang terkena radiasi total pada pelat lambung ruang penumpang (1st deck tidak termasuk karena terletak di bawah garis air).

Luas 2nd Deck = P : 17,3 m ; L : 2,5 maka $A = P \times L = 43,25 \text{ m}^2$

Luas 3rd Deck = P : 27,5 ; L : 2,5 maka $A = P \times L = 68,75 \text{ m}^2$

Luas 4th Deck = P: 16,3 ; L : 2,5 maka $A = P \times L = 40,75 \text{ m}^2$

Jumlah luas total untuk pelat lambung sebelah kanan : $A_{total} = 152,75 \text{ m}^2$

Maka : $q = 3,96 \cdot 152,75 \cdot (52,39 - 32)$

$$= 12333,707 \text{ kcal/hr}$$

Untuk pelat lambung sebelah kiri

Karena hanya terkena radiasi terpancar/tak langsung maka Luas (A) yang terkena radiasi matahari terpencar diassumsikan hanya separuh(1/2) dari luas permukaan total. $A = \frac{1}{2} \times 152,75 = 76,375 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\text{Maka: } q &= 3,96 \cdot 76,375 \cdot (41,45 - 32) \\ &= 2858,105 \text{ kcal/hr}\end{aligned}$$

Total beban panas yang masuk ke ruang penumpang pada jam 10.00 adalah :

$$\begin{aligned}qr &= 12333,707 + 2858,105 \\ &= 15191,812 \text{ kcal/hr}\end{aligned}$$

Pukul 12.00

Sudut ketinggian matahari pada pukul 12.00 dapat dicari dengan cara seperti diatas :

$$\begin{aligned}\sin h &= \sin 0^\circ \cdot \sin 0,30^\circ + \cos 0^\circ \cdot \cos 0,30^\circ \cdot \cos 15^\circ \\ &= 0,999\end{aligned}$$

$h = \text{Arc sin } 0,999 = 89,7^\circ$ diassumsikan sudut tegak lurus karena mendekati 90° . Karena matahari tepat pada sudut 90° diatas kepala maka tidak ada lambung yang terkena radiasi secara langsung sehingga dapat dicari pada grafik (Gb. 2.5 pada bab II) dengan $P = 0,6$ dan $h = 90,0^\circ$. Maka didapatkan :

- Pelat lambung sebelah kanan

$$Js = 270 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$$

- Pelat lambung sebelah kiri

$$Js = 270 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$$

Temperatur ekivalen radiasi matahari (Te)

- Untuk pelat lambung kanan

$$Te = 0,7 \cdot 0,05 \cdot 270$$

$$= 9,45^{\circ}\text{C}$$

- Untuk pelat lambung kiri

$$Te = 0,7 \cdot 0,05 \cdot 270$$

$$= 9,45^{\circ}\text{C}$$

T_{SAT} besarnya :

- Pelat lambung kanan

$$T_{SAT} = 9,45 + 32 = 41,45^{\circ}\text{C}$$

- Pelat lambung kiri

$$T_{SAT} = 9,45 + 32 = 41,45^{\circ}\text{C}$$

Karena lambung hanya terkena radiasi matahari terpencer maka luas yang terkena radiasi diasumsikan hanya $\frac{1}{2}$ luas total. Beban panas yang masuk ruang penumpang pada jam 12.00 besarnya :

Untuk pelat lambung kanan :

$$q = 3,96 \cdot 76,375 \cdot (41,45 - 32)$$

$$= 2858,105 \text{ kcal/hr}$$

Untuk pelat lambung kiri :

$$q = 3,96 \cdot 76,375 \cdot (41,45 - 32)$$

$$= 2858,105 \text{ kcal/hr}$$

Jadi total beban panas yang masuk ke dalam ruang penumpang pada jam 12.00 adalah : $qr = 2858,105 + 2858,105 = 5716,21 \text{ kcal/hr}$

Pukul 14.00

Sudut ketinggian matahari sebesar :

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin 0^{\circ} \cdot \sin 0,30^{\circ} + \cos 0^{\circ} \cdot \cos 0,30^{\circ} \cdot \cos 15^{\circ} \cdot 2 \\ &= 0,8660 \end{aligned}$$

$$h = \text{Arc sin } 0,8660 = 60,0^\circ$$

Karena pada pukul 14.00 maka yang terkena radiasi langsung adalah pada pelat lambung sebelah kiri :

$$\begin{aligned} J_v &= 1164 \cdot P^{\cos h} \cdot \cos h \\ &= 1164 \cdot 0,6^{\cos 60^\circ} \cos 60^\circ \\ &= 322,67 \text{ kcal/m}^2 \text{ jam} \end{aligned}$$

dimana : P = Pemeabilitas atmosferik ($0,5 - 0,7$ di ambil $P = 0,6$)

Radiasi matahari terpencar/tak langsung didapat dari grafik radiasi matahari terpencar (Gb. 2.5 pada bab II), pada $P = 0,6$ $h = 60,0^\circ$ di dapat $J_s = 260 \text{ Kcal/m}^2 \text{ jam}$ (untuk pelat lambung sebelah kanan).

Temperatur ekivalen radiasi matahari :

$$T_e = \varepsilon \cdot R_{so} \cdot J$$

Dimana : ε = Faktor absorpsi radiasi matahari dari table didapat $\varepsilon = 0,7$)

R_{so} = tahanan perpindahan kalor dari permukaan luar ($R_{so} = 0,05 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} \text{C/kca}$ dari table 3.10 lampiran 1)

$$J = J_v + J_s$$

Maka : Untuk pelat lambung kiri :

$$\begin{aligned} T_e &= 0,7 \cdot 0,05 \cdot 582,67 \\ &= 20,39^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

Untuk pelat lambung kanan :

$$\begin{aligned} T_e &= 0,7 \cdot 0,05 \cdot 260 \\ &= 9,1^\circ \text{ C} \end{aligned}$$

Jumlah temperatur udara luar disebut suhu udara matahari (SAT) besanya :

$$T \text{ udara luar} = 32^\circ \text{ C}$$

Maka : $T_{SAT} = T_e + T$ udara luar

$$\text{Pelat lambung kiri} : T_{SAT} = 20,39 + 32 = 52,39^\circ\text{C}$$

$$\text{Pelat lambung kanan} : T_{SAT} = 9,1 + 32 = 41,1^\circ\text{C}$$

Jumlah luas total untuk pelat lambung sebelah kiri sama dengan luas sebelah kanan : $A_{total} = 152,75 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } q &= 3,96 \cdot 152,75 \cdot (52,39 - 32) \\ &= 12333,707 \text{ kcal/hr}\end{aligned}$$

Untuk pelat lambung sebelah kanan

Karena hanya terkena radiasi terpancar/tak langsung maka Luas (A) yang terkena radiasi matahari terpencar diassumsikan hanya separuh/(1/2) dari luas permukaan total. $A = \frac{1}{2} \times 152,75 = 76,375 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\text{Maka : } q &= 3,96 \cdot 76,375 \cdot (41,45 - 32) \\ &= 2858,105 \text{ kcal/hr}\end{aligned}$$

Total beban panas yang masuk ke ruang penumpang pada jam 14.00 adalah :

$$\begin{aligned}qr &= 12333,707 + 2858,105 \\ &= 15191,812 \text{ kcal/hr}\end{aligned}$$

Dari ketiga perhitungan panas radiasi yang masuk ke ruang penumpang panas maximum terjadi pada waktu jam 10.00 dan jam 14.00 dengan beban kalor sebesar : 15191,812 kcal/hr. Jadi besarnya beban panas yang terjadi pada ruang penumpang adalah sebagai berikut :

1. Beban kalor dari lampu penerangan	$q_L = 4423,68 \text{ Kcal/hr}$
2. Beban kalor dari penumpang	$q_p = 31350 \text{ Kcal/hr}$
3. Beban kalor dari radiasi matahari	$qr = 15191,81 \text{ kcal/hr}$
Beban panas total	$q = 50965,49 \text{ kcal/hr}$

IV-2 Perencanaan Saluran Udara

Untuk mengurangi besarnya dimensi saluran udara yang direncanakan maka jumlah saluran udara yang direncanakan ada 2 buah yaitu pada portside (kiri) dan starboard (kanan). Disamping untuk mengurangi dimensi juga untuk menghindari rumitnya konstrusi, fabrikasi dan pemasangannya.

IV-2.1 Jumlah Udara Total Yang Diperlukan

Pada dasarnya udara yang dihembuskan keruangan penumpang dimaksudkan untuk mengatasi beban kalor/panas yang terjadi, kebutuhan udara yang diperlukan penumpang (untuk pernafasan, memenuhi kebutuhan O₂ dan mengeluarkan CO₂ agar ruangan tidak sumpek dan panas) dengan sirkulasi pergantian udara 12 kali per jam dari table pada Lampiran 5.

- Jumlah udara yang diperlukan untuk mencukupi kebutuhan udara penumpang, dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_w = n \cdot V_{com}$$

Dimana :

n = banyaknya pergantian udara tiap jam (12 kali/jam)

V_{com} = Volume total ruang penumpang

Perhitungan Volume Ruang Penumpang Total (V_{com})

Untuk dapat menghitung volume ruangan total kapal pax 500 diperlukan gambar General Arrangement kapal Pax 500 dengan skala 1 : 100, dari gambar GE tersebut diperoleh dimensi :

- 1st Deck 48 P Economy Class (V₁)

$$P = 9,5 \text{ cm} / 9,5 \text{ m} ; L = 14,5 \text{ cm} / 14,5 \text{ m} ; T = 2,5 \text{ cm} / 2,5 \text{ m}$$

- 32 P Economy Class (V₂)

$$P = 10,5 \text{ cm} / 10,5 \text{ m} ; L_1 = 14,5 \text{ cm} / 14,5 \text{ m} ; L_2 = 11 \text{ cm} / 11 \text{ m} ;$$

$$T = 2,5 \text{ cm} / 2,5 \text{ m}$$

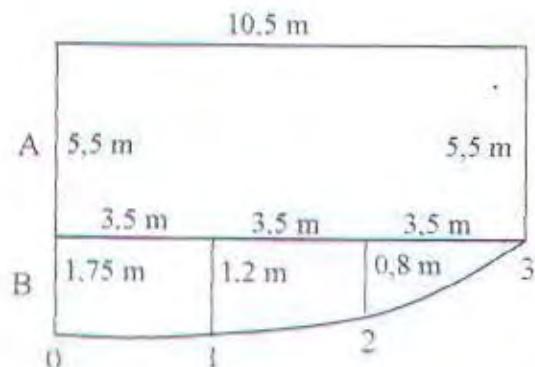
$$\text{Volume ruangan : } V_1 = P \times L \times T$$

$$= 9,5 \times 14,5 \times 2,5$$

$$= 344,375 \text{ m}^3$$



Untuk Volume 2 (V_2) karena terletak pada bagian lambung kapal yang berbentuk lengkungan maka perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan rumus Simson :



Gb. Dimensi ruangan 1st Deck 32 P Economy class

No.	Ordinat	Ordinat	FL	Hasil
0	1,75	1		1,75
1	1,2	3		3,6
2	0,8	3		2,4
3	0	1		0
				$\Sigma = 7,75$

$$L = 3/8 \cdot h \cdot \Sigma$$

$$= 3/8 \times 3,5 \times 7,75$$

$$= 10,17 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_B &= L \times T \\
 &= 10,17 \times 2,5 = 25,43 \text{ m}^3 \\
 V_A &= 10,5 \times 5,5 \times 2,5 = 144,38 \text{ m}^3 \\
 V_2 &= 2 V_A + 2 V_B \\
 &= 2(144,38) + 2(25,43) \\
 &= 339,61 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi volume total untuk 1st deck : $V_{1\text{st deck}} = V_1 + V_2 = 683,96 \text{ m}^3$

2. 2nd deck 53 P Economy class

$$P = 9,5 \text{ cm}/9,5 \text{ m} ; L = 14,5 \text{ cm}/14,5 \text{ m} ; T = 2,5 \text{ cm}/2,5 \text{ m}$$

32 P Economy class

$$P = 7,8 \text{ cm}/7,8 \text{ m} ; L_1 = 14,5 \text{ cm}/14,5 \text{ m} ; L_2 = 10,5 \text{ cm}/10,5 \text{ m} ;$$

$$T = 2,5 \text{ cm}/2,5 \text{ m}$$

$$V_1 = P \times L \times T = 9,5 \times 14,5 \times 2,5 = 344,375 \text{ m}^3$$

Untuk mencari V_2 digunakan cara yang sama dengan menghitung V_2 pada 1st deck (dengan simson) didapatkan :

$$\begin{aligned}
 V_A &= 102,375 \text{ m}^3 \\
 V_B &= 22,425 \text{ m}^3 \\
 V_2 &= 2 V_A + 2 V_B \\
 &= 2(102,375) + 2(22,425) \\
 &= 249,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi volume total 2nd deck : $V_{2\text{nd deck}} = V_1 + V_2 = 593,98 \text{ m}^3$

3. 3rd deck 148 P Economy class

$$P = 27,5 \text{ cm}/27,5 \text{ m} ; T = 2,5 \text{ cm}/2,5 \text{ m} ; L = 14,5 \text{ cm}/14,5 \text{ m}$$

$$V_{3\text{rd Deck}} = 996,875 \text{ m}^3$$

4. 4th deck 74 P Economy class

$$P = 16,3 \text{ cm}/16,3 \text{ m} ; T = 2,5 \text{ cm}/2,5 \text{ m} ; L = 11,5 \text{ cm}/11,5 \text{ m}$$

$$V 4^{\text{th}} \text{ Deck} = 468,625 \text{ m}^3$$

Jadi V_{com} total dapat dihitung :

$$\begin{aligned} V_{\text{com}} &= V 1^{\text{st}} \text{ deck} + V 2^{\text{nd}} \text{ deck} + V 3^{\text{rd}} \text{ Deck} + V 4^{\text{th}} \text{ Deck} \\ &= 683,96 + 593,98 + 996,875 + 468,625 \\ &= 2743,44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi jumlah udara yg diperlukan untuk memenuhi kebutuhan penumpang adalah :

$$\begin{aligned} Q_w &= n \cdot V_{\text{com}} \\ &= 12 \times 2743,44 \\ &= 32921,3 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Jumlah udara yang diperlukan untuk mengatasi beban panas yang terjadi di ruang penumpang dicari dengan persamaan :

$$Q_T = q / (C_a \cdot (t_r - t_{fa}) \cdot \gamma_f)$$

Dimana :

q = Beban panas total = 50965,49 kcal/hr

C_a = kapasitas panas rata-rata udara = 0,24 kcal/kg $^{\circ}\text{C}$

t_r = Temperatur udara ruang penumpang yang harus diturunkan (diassumsikan pada waktu matahari tegak lurus/diatas kepala pukul 12.00 dimana suhu udara $t_r = 41,5 ^{\circ}\text{C}$)

t_{fa} = temperatur udara segar yang masuk = 32 $^{\circ}\text{C}$ karena udara masuk tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu sehingga suhunya sama dengan udara luar.

γ_{fa} = density udara segar yang masuk dapat dicari di table 38 (lampiran 6) diperoleh untuk :

$$\rightarrow t = 32^\circ \text{C} \quad \gamma_{fa} = 1,157 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{maka } Q_T &= 50965,49 / (0,24 \cdot (41,45 - 32) \cdot 1,157) \\ &= 50965,49 / 2,62 \\ &= 19452,48 \text{ m}^3/\text{hr}\end{aligned}$$

Jumlah udara total yang dibutuhkan sebagai berikut :

- Untuk mengatasi beban panas $Q_T = 19452,48 \text{ m}^3/\text{hr}$
 - Untuk memenuhi kebutuhan penumpang $Q_W = 32921,3 \text{ m}^3/\text{hr}$
-
- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Kebutuhan udara total | $Q = 52373,78 \text{ m}^3/\text{hr}$ |
|-----------------------|--------------------------------------|

Jumlah udara yang diperlukan diambil :

$$Q = 60.000 \text{ m}^3/\text{hr} \quad \text{atau} \quad Q = 1000 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Karena jumlah saluran udara masuk yang direncanakan ada 2 buah yaitu sisi kiri (portside) dan sisi kanan (starboard side) maka laju kebutuhan udara yang lewat satu saluran hanya separuh ($1/2$) dari jumlah kebutuhan udara total :

$$Q_{\text{Total}} = 60000 \text{ m}^3/\text{hr} = 1000 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{\text{1 saluran}} = \frac{1}{2} \times 1000 \text{ m}^3/\text{menit} = 500 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Saluran udara direncanakan terletak pada boat deck dengan bentuk kepala ventilator type mushroom, saluran udara keluar diarahkan menyebar ke seluruh ruangan penumpang agar pergantian udara dapat merata.

IV-2.2 Kebutuhan Udara Ruang Penumpang Tiap Deck

- Jumlah udara yang dibutuhkan untuk ruang penumpang di 4th Deck :

$$\text{Volume ruangan : } V_{4\text{th Deck}} = 468,625 \text{ m}^3$$

$$n = \text{Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{4\text{th Deck}} &= n \cdot V_{4\text{th Deck}} \\
 &= 12 \times 468,625 \\
 &= 5623,5 \text{ m}^3/\text{hr} &= 93,73 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

- Jumlah udara yang dibutuhkan untuk ruang penumpang di 3rd Deck :

Volume ruangan : $V_{3\text{rd Deck}} = 996,875 \text{ m}^3$

n = Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)

$$\begin{aligned}
 Q_{3\text{rd Deck}} &= n \cdot V_{3\text{rd Deck}} \\
 &= 12 \times 996,875 \\
 &= 11962,5 \text{ m}^3/\text{hr} &= 199,375 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

- Jumlah udara yang dibutuhkan untuk ruang penumpang di 2nd Deck :

Volume ruangan : $V_{2\text{nd Deck 53 P}} = 344,375 \text{ m}^3$

n = Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)

$$\begin{aligned}
 Q_{2\text{nd Deck 53 P}} &= n \cdot V_{2\text{nd Deck 53 P}} \\
 &= 12 \times 344,375 \\
 &= 4132,5 \text{ m}^3/\text{hr} &= 68,875 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Volume ruangan : $V_{2\text{nd Deck 48 P}} = 249,6 \text{ m}^3$

n = Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)

$$\begin{aligned}
 Q_{2\text{nd Deck 48 P}} &= n \cdot V_{2\text{nd Deck 48 P}} \\
 &= 12 \times 249,6 \\
 &= 2995,2 \text{ m}^3/\text{hr} &= 49,92 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

- Jumlah udara yang dibutuhkan untuk ruang penumpang di 1st Deck :

Volume ruangan : $V_{1\text{st Deck 48 P}} = 344,375 \text{ m}^3$

n = Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)

$$Q_{1\text{st Deck 48 P}} = n \cdot V_{1\text{st Deck 48 P}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12 \times 344,375 \\
 &= 4132,5 \text{ m}^3/\text{hr} \quad = 68,875 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Volume ruangan : $V_{1\text{st Deck 32 p}} = 339,61 \text{ m}^3$

n = Banyaknya pergantian udara perjam (12 kali/jam)

$$\begin{aligned}
 Q_{1\text{st Deck 32 p}} &= n \cdot V_{1\text{st Deck 32 p}} \\
 &= 12 \times 339,61 \\
 &= 4075,32 \text{ m}^3/\text{hr} \quad = 67,92 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

IV-2.3 Penentuan Laju Aliran Udara

Dari gambar general arrangement dapat diketahui panjang saluran yang akan direncanakan skema saluran udara terlampir pada lampiran 10, dengan titik-titik sebagai berikut :

Titik A – B

Merupakan main duct, laju udara yang dibutuhkan :

$Q = 500 \text{ m}^3/\text{menit} = 17655 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct, diperoleh :

$$V = 2500 - 3000 \text{ ft/menit} = 12,7 - 15,24 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 13 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 60 \text{ cm}; R = 0,28 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,5; \text{ diperoleh } b = 70 \text{ cm}; a = 45 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $700 \times 450 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran (main duct) sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (500/60) / (0,7 \times 0,45) \\ &= 26,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik B – C

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 4th deck economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 93,73 \text{ m}^3/\text{menit} = 3309,6 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct diperoleh :

$$V = 2000 \text{ ft/menit} = 10,16 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 10 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 47 \text{ cm}; R = 0,25 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$b/a = 1,25; \text{ diperoleh } b = 50 \text{ cm}; a = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $500 \times 400 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 12800 \text{ mm} = 12,8 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (93,73/60) / (0,5 \times 0,4) \\ &= 7,8 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik B – D

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 1st, 2nd dan 3rd deck economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 454,965 \text{ m}^3/\text{menit} = 16064,8 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct, untuk laju aliran diatas diperoleh :

$$V = 2500 - 3000 \text{ ft/menit} = 12,7 - 15,24 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 13 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 60 \text{ cm}; R = 0,28 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$b/a = 1,5; \text{ diperoleh } b = 70 \text{ cm}; a = 45 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : 700 x 450 mm

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (454,963 / 60) / (0,7 \times 0,45) \\ &= 24,1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik D – E

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 3rd deck economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 199,375 \text{ m}^3/\text{menit} = 7039,9 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct diperoleh :

$$V = 2250 \text{ ft/menit} = 11,43 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 11,5 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$d_e = 52 \text{ cm} ; R = 0,25 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,1 ; \text{ diperoleh } b = 50 \text{ cm} ; a = 45 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $500 \times 450 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 12000 \text{ mm} = 12 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (199,375 / 60) / (0,5 \times 0,45) \\ &= 14,76 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik D – F

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 1st dan 2nd economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 255,59 \text{ m}^3/\text{menit} = 9024,88 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 Lampiran 2) Velocities in duct, untuk laju aliran diatas diperoleh :

$$V = 2500 - 3000 \text{ ft/menit} = 12,7 - 15,24 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 13 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$d_e = 60 \text{ cm} ; R = 0,28 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,5 ; \text{ diperoleh } b = 70 \text{ cm} ; a = 45 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : 700 x 450 mm

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 14000 \text{ mm} = 14 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (255,59/60) / (0,7 \times 0,45) \\ &= 13,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik F – G

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 2nd deck economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 118,8 \text{ m}^3/\text{menit} = 4194,65 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct diperoleh :

$$V = 2000 \text{ ft/menit} = 10,16 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 10 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 47 \text{ cm} ; R = 0,25 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$b/a = 1,25 ; \text{ diperoleh } b = 50 \text{ cm} ; a = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : 500 x 400 mm

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (118,8/60) / (0,5 \times 0,4) \\ &= 9,9 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik G – I

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 2nd deck 48 P Economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 49,92 \text{ m}^3/\text{menit} = 1762,68 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct diperoleh :

$$V = 1700 \text{ ft/menit} = 8,6 \text{ m/s}$$

Dambil $V = 8 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 36 \text{ cm}; R = 0,2 \text{ mm H}_2\text{O}/\text{m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,25; \text{ diperoleh } b = 45 \text{ cm}; a = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $450 \times 400 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 5500 \text{ mm} = 5,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (49,92/60) / (0,45 \times 0,4) \\ &= 4,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik G – H

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 2nd deck 53 P Economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 68,875 \text{ m}^3/\text{menit} = 2432,01 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Tabel Velocities in duct diperoleh :

$$V = 1800 \text{ ft/menit} = 9,144 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 9 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 35 \text{ cm} ; R = 0,24 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,8 ; \text{ diperoleh } b = 45 \text{ cm} ; a = 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $450 \times 250 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (68,875 / 60) / (0,45 \times 0,25) \\ &= 10,2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik F – J

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 1st deck economy class, jumlah udara yang dibutuhkan

$Q = 136,79 \text{ m}^3/\text{menit} = 4830,2 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Tabel Velocities in duct diperoleh :

$$V = 2000 \text{ ft/menit} = 10,16 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 10 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 47 \text{ cm} ; R = 0,25 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,25 ; \text{ diperoleh } b = 50 \text{ cm} ; a = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $500 \times 400 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 2500 \text{ mm} = 2,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (136,79/60) / (0,5 \times 0,4) \\ &= 11,4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik J – K

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 1st deck 48

P Economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 68,875 \text{ m}^3/\text{menit} = 2432,01 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Tabel

Velocities in duct diperoleh :

$$V = 1800 \text{ ft/menit} = 9,144 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 9 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 35 \text{ cm} ; R = 0,24 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$b/a = 1,8 ; \quad \text{diperoleh} \quad b = 45 \text{ cm} ; a = 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : $450 \times 250 \text{ mm}$

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (68,875/60) / (0,45 \times 0,25) \\ &= 10,2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Titik J – L

Udara yang keluar dari saluran ini untuk mengatasi kebutuhan udara di 1st deck 32 P Economy class, jumlah udara yang dibutuhkan :

$Q = 67,92 \text{ m}^3/\text{menit} = 2398,2 \text{ ft}^3/\text{menit}$ dari (Tabel 3 lampiran 2) Velocities in duct diperoleh :

$$V = 1800 \text{ ft/menit} = 9,144 \text{ m/s}$$

Diambil $V = 9 \text{ m/s}$, dari (grafik 2.9 Lampiran 7) kerugian gesek dalam pipa udara di dapat :

$$de = 35 \text{ cm}; R = 0,24 \text{ mm H}_2\text{O/m}$$

Kemudian dari (Gb. 2.10 lampiran 8) grafik diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat, didapat :

$$\frac{b}{a} = 1,8; \text{ diperoleh } b = 45 \text{ cm}; a = 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi saluran udara : 450 x 250 mm

Panjang saluran udara yang direncanakan : $l = 9500 \text{ mm} = 9,5 \text{ m}$

Dengan demikian kecepatan udara disaluran ini sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q / A \\ &= (67,925 / 60) / (0,45 \times 0,25) \\ &= 10,06 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perencanaan panjang saluran dan kecepatan udara di tiap-tiap saluran udara di port side telah diketahui, karena saluran di starboard side sama dengan port side maka dimensi saluran, kecepatan udara, rugi gesek, rugi dari fitting maupun fan yang digunakan sama dengan di port side maka tidak perlu dihitung ulang.

IV-3 Pemilihan Fan / Kipas

Untuk dapat mengatasi kerugian-kerugian tekanan akibat gesekan yang terjadi disepanjang saluran udara maupun fitting-fitting maka kerugian-kerugian tersebut harus dihitung terlebih dahulu agar kipas yang digunakan nanti dapat mengatasi kerugian gesek yang terjadi.

IV-3.1 Perhitungan Kerugian Tekanan

Kerugian yang terjadi untuk udara yang mengalir di dalam saluran udara ada 2 macam :

- Kerugian tekanan karena gesekan
- Kerugian tekanan karena adanya fitting

Pada saluran udara Portside

Kerugian tekanan karena gesekan

Kerugian tekanan karena gesekan dapat dibaca dalam table di bawah ini :

Titik	Panjang Saluran (m)	R (mm H ₂ O / m)	ΔP _f
A - B	0,5	0,28	0,14
B - C	12,8	0,25	3,2
B - D	2,5	0,28	0,7
D - E	12	0,25	3
D - F	14	0,28	3,92
F - G	3	0,25	0,75
G - I	5,5	0,2	1,1
G - H	0,5	0,24	0,12
F - J	2,5	0,25	0,625
J - K	0,5	0,24	0,12
J - L	9,5	0,24	2,28
			ΔP _f = 15,955

Tabel 4.1 Kerugian Tekanan Karena Gesekan

Kerugian tekanan karena adanya fitting

Karena sepanjang saluran terdapat beberapa fitting maka akan timbul kerugian tekanan yaitu sebagai berikut :

- Kerugian tekanan di titik B – C yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_O , didapatkan harga C_O :

$$\text{Kecepatan udara : } V_C = 26,5 \text{ m/s} = 5216,5 \text{ ft/menit}$$

$$V_B = 7,8 \text{ m/s} = 1535,6 \text{ ft/menit}$$

$$V_B / V_C = 1535,6 / 5216,5 = 0,3$$

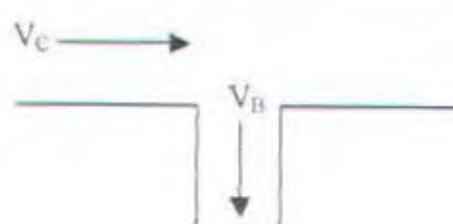
Didapatkan nilai $C_O = 1,0$

Maka dapat dicari ΔP_t -nya :

$$\Delta P_t = 1,0 \times 0,062 \times \left[\frac{1535,6}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,12 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 3,05 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik D – E yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_O , didapatkan harga C_O :

$$\text{Kecepatan udara : } V_C = 24,1 \text{ m/s} = 4744,1 \text{ ft/menit}$$

$$V_B = 14,76 \text{ m/s} = 2905,5 \text{ ft/menit}$$

$$V_B / V_C = 2905,5 / 4744,1 = 0,61$$

Dengan interpolasi ditabel 6-8 lampiran 9 :

0,5	0,61	0,75
1,0	X	1,4

$$0,11 / 0,25 = (X-1) / 0,3$$

$$0,044 = 0,25X - 0,25$$

$$X = 1,176$$

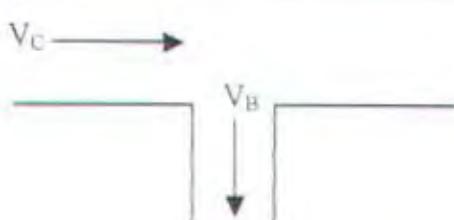
Didapatkan nilai $C_O = 1,176$

Maka dapat dicari ΔP_t -nya :

$$\Delta P_t = 1,176 \times 0,062 \times \left[\frac{2905,5}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,51 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 12,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik D – F yang diakibatkan oleh Elbow.

Dari table 3 - 10 lampiran 9 untuk $H = 0,7 \text{ m}$; $W = 0,45 \text{ m}$; $\phi = 90^\circ$,

didapatkan harga C_O :

Kecepatan disaluran ini : $V = 13,5 \text{ m/s} = 2657 \text{ ft/menit}$

$$H / W = 0,7 / 0,45 = 1,55$$

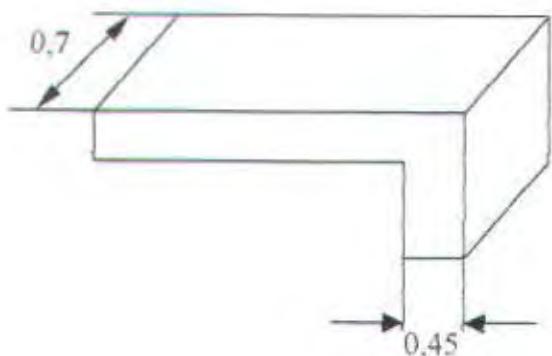
$$C_O = 1,5$$

Maka :

$$\Delta P_t = 1,5 \times 0,062 \times \left[\frac{2657}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,55 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 13,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik G – I yang diakibatkan oleh Elbow.

Dari table 3 - 10 lampiran 9 untuk $H = 0,45 \text{ m}$; $W = 0,4 \text{ m}$; $\phi = 90^\circ$,

didapatkan harga C_o :

$$H / W = 0,45 / 0,4 = 1,125$$

Kecepatan disaluran ini : $V = 4,6 \text{ m/s} = 905 \text{ ft/menit}$

Harga C_o didapat dengan interpolasi dari table 3 - 10 :

1	1,125	1,5
1,2	X	1,1

$$0,5 / - 0,1 = 0,125 / (X - 1,2)$$

$$- 0,0125 = 0,5X - 0,6$$

$$0,5875 = 0,5X$$

$$X = 1,175$$

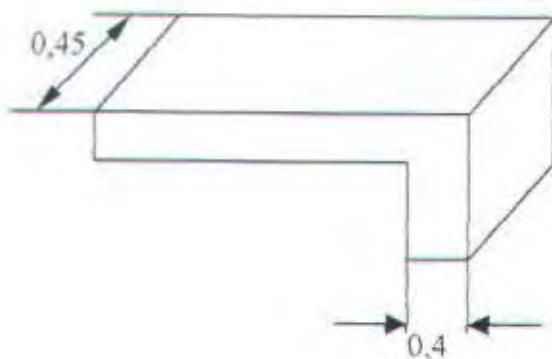
Didapatkan nilai $C_o = 1,175$

Maka :

$$\Delta P_t = 1,175 \times 0,062 \times \left[\frac{905}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,05 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 1,26 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik G - H yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_o , didapatkan harga C_o :

$$\text{Kecepatan udara : } V_c = 13,5 \text{ m/s} = 2657,5 \text{ ft/menit}$$

$$V_B = 9,9 \text{ m/s} = 1948,8 \text{ ft/menit}$$

$$V_B / V_c = 1948,8 / 2657,5 = 0,73$$

Dengan interpolasi ditabel 6-8 lampiran 9:

0,5	0,73	0,75
1,0	X	1,4

$$0,23 / 0,25 = (X-1,1) / 0,3$$

$$0,069 = 0,25X - 0,275$$

$$X = 1,376$$

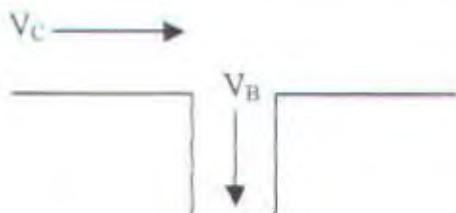
Didapatkan nilai $C_o = 1,376$

Maka dapat dicari ΔP_t -nya :

$$\Delta P_t = 1,376 \times 0,062 \times \left[\frac{1948,8}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,27 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 6,8 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik F – J yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_O , didapatkan harga C_O :

Kecepatan udara : $V_C = 13,5 \text{ m/s} = 2637,5 \text{ ft/menit}$

$V_B = 11,4 \text{ m/s} = 2244,1 \text{ ft/menit}$

$$V_B / V_C = 2244,1 / 2637,1 = 0,84$$

Dengan interpolasi ditabel 6-8 lampiran 9:

0,75	0,84	1,0
1,4	X	1,7

$$(X-1,4) / 0,3 = 0,09 / 0,25$$

$$0,027 = 0,25X - 0,35$$

$$X = 1,51$$

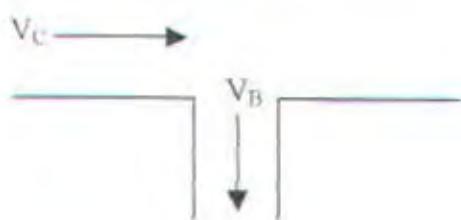
Didapatkan nilai $C_O = 1,51$

Maka dapat dicari ΔP_t -nya :

$$\Delta P_t = 1,51 \times 0,062 \times \left[\frac{2244,1}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,39 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 9,9 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik J – K yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_O , didapatkan harga C_O :

$$\text{Kecepatan udara : } V_C = 11,4 \text{ m/s} = 2244,1 \text{ ft/menit}$$

$$V_B = 10,2 \text{ m/s} = 2007,1 \text{ ft/menit}$$

$$V_B / V_C = 2007,1 / 2244,1 = 0,9$$

Dengan interpolasi ditabel 6-8 lampiran 9:

0,75	0,9	1,0
1,4	X	1,7

$$(X-1,4) / 0,3 = 0,15 / 0,25$$

$$0,045 = 0,25X - 0,35$$

$$X = 1,58$$

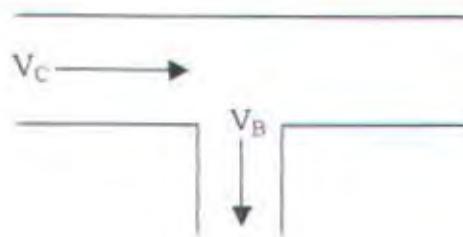
$$\text{Didapatkan nilai } C_O = 1,58$$

Maka dapat dicari ΔP_t -nya :

$$\Delta P_t = 1,58 \times 0,062 \times \left[\frac{2007,1}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_t = 0,33 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 8,3 \text{ mm H}_2\text{O}$$



- Kerugian tekanan di titik J – L yang diakibatkan oleh percabangan

Dari table 6-8 lampiran 9 untuk mencari C_O , didapatkan harga C_O :

$$\text{Kecepatan udara : } V_C = 11,4 \text{ m/s} = 2244,1 \text{ ft/menit}$$

$$V_B = 10,06 \text{ m/s} = 1980,3 \text{ ft/menit}$$

$$V_B / V_C = 2980,3 / 2244,1 = 0,88$$

Dengan interpolasi ditabel 6-8 lampiran 9:

0,75	0,88	1,0
1,4	X	1,7

$$(1,4 - X) / -0,3 = -0,13 / -0,3$$

$$0,039 = 0,25X - 0,35$$

$$X = 1,56$$

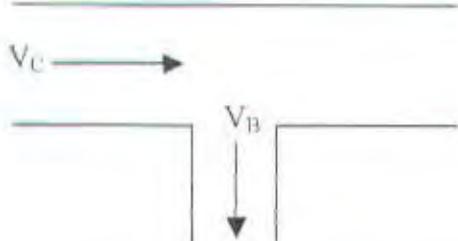
Didapatkan nilai $C_O = 1,56$

Maka dapat dicari ΔP_1 -nya :

$$\Delta P_1 = 1,56 \times 0,062 \times \left[\frac{1980,3}{1097} \right]^2$$

$$\Delta P_1 = 0,31 \text{ in H}_2\text{O}$$

$$= 7,98 \text{ mm H}_2\text{O}$$



Jadi kerugian tekanan yang terjadi disepanjang saluran besarnya adalah :

- Kerugian tekanan yang diakibatkan gesekan $\Delta P_f = 15,955 \text{ mm H}_2\text{O}$
- Kerugian tekanan akibat dari fitting $\Delta P_f = 64,09 \text{ mm H}_2\text{O}$

Jumlah Kerugian tekanan total $P_T = 80,45 \text{ mm H}_2\text{O}$

IV-3.2 Perhitungan Daya Fan

Daya fan yang akan digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Ne = \frac{Q \cdot P_T}{6120 \cdot \eta}$$

dimana : Q = Laju aliran udara (m^3/menit) .

P_T = Tekanan total Fan ($\text{mm H}_2\text{O}$)

η = Effisiensi Fan (60 %)

Dalam pemilihan fan harus menggunakan brosur spesifikasi dari fan, agar fan yang dipilih nantinya sesuai dengan yang kita harapkan. Dengan memperhatikan hasil kerugian tekanan yang terjadi maka dipilih fan yang berdiameter $d = 800 \text{ mm}$. Untuk mengetahui daya fan harus dihitung terlebih dahulu tekanan dinamis dari fan tersebut dengan persamaan :

$$P_v = \gamma \frac{V^2}{2g}$$

dimana : γ = Density of air = $1,157 \text{ kg/m}^3$

V = Kecepatan udara keluar dari fan

$$= Q / A = (500/60) / (\pi / 4 (0,8)^2)$$

$$= 15,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Maka : } P_v = 1,157 (15,3)^2 / (20)$$

$$= 13,5 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned}
 P_s &= P_T - P_V \\
 &= 80,45 \text{ mm H}_2\text{O} - 13,5 \text{ mm H}_2\text{O} \\
 &= 66,91 \text{ mm H}_2\text{O}
 \end{aligned}$$

Sehingga daya fan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 N_c &= (500 \times 66,91) / (6120 \times 0,6) \\
 &= 9,11 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka fan yang digunakan :

Kapasitas : 500 m³ / menit

Static pressure : 70 mm H₂O

Daya : 12 Kw / 15 HP

Putaran : 1800 rpm

Sehingga Fan yang digunakan jumlahnya ada 4 unit dengan perincian sebagai berikut : 2 untuk intake yang digunakan untuk mensupply udara pada saluran portside dan saluran di starboard sedangkan 2 lagi berfungsi sebagai exhaust / pembuangan udara dari dalam ruangan agar terjadi sirkulasi udara dalam ruangan.

BAB V

PERHITUNGAN LIFE CYCLE COAST AC DAN BLOWER

BAB V

PERHITUNGAN LIFE CYCLE COST AC DAN BLOWER

V-1 Data harga peralatan utama AC dan Blower

V-1.1 Data harga peralatan AC yang terdapat pada kapal Pax 500 yaitu sebagai berikut :

1. Kompressor

Type : SAB 163 H MK3

Jumlah : 1 unit

Speed : 3000 Rpm

Working Pres. : 25 Bar

Test Pres. : 42 Bar

Harga : Rp. 45.000.000,- / \$5,000

Sumber : PT. Sarana Nikko Teknik

2. Electric Motor

Type : BN 7280 M

Jumlah : 1 unit

Daya : 132 KW, 3 ~

Tegangan : 460/690 V Δ/Y

Cos φ : 0,88

Speed : 3000 Rpm

Harga : Rp. 30.000.000,- / \$3,333,33

Sumber : PT. Sarana Nikko Teknik

3. Kondensor

Type : EIKK 323118

Max Op. Pres : 21,0 Bar

Test Pres. : 32,0 Bar

Max. Op. Tem: 45 °C

Min. Op. Tem : -15 °C

Volume : 50 Lt.

Harga : \$499.00

Sumber : Therm-Hx Heat Exchanger

4. Chilled Water Pump

Type : VRF 3/350 G

Jumlah : 1 unit

Kapasitas : 72 m³/jam

Pressure : 3,2 Bar

Putaran : 1800 Rpm

Harga : \$525

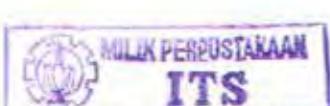
Sumber : PT. Sarana Nikko Teknik

5. Chilled Water Pump Motor

Type : AM 160 L2 A4

Jumlah : 1 unit

Tegangan : 460 Δ ,50 Hz , 3-



Daya : 15 KW/ 20 HP

Putaran : 1800 Rpm

Cos φ : 0,88

Harga : \$1632

Sumber : U. S. Electric Motor (internet)

6. Sea Water Pump Motor

Jumlah : 1 unit
Tegangan : 460 Δ ,50 Hz , 3~
Daya : 9 KW/15 HP
Putaran : 1800 Rpm
 $\text{Cos } \varphi$: 0,88
Harga : \$1536
Sumber : U. S. Electric Motor (internet)

7. Katup Ekspansi

Type : AKV 20
Jumlah : 1 unit
Range Cap : 100 Kw – 630 Kw (R22)
Harga : \$ 92
Sumber : PT. Sarana Nikko Teknik

8. Evaporator

Type : CONC 323101
Jumlah : 1 unit
Max Op. Pres : 26,0 Bar
Test Pres. : 39,0 Bar
Max. Op. Tem: 120 °C
Min. Op. Tem: 0 °C
Volume : 410 Lt
Harga : \$499,00
Sumber : Therm-Hx Heat Exchanger

V-1.2 Data harga blower

Dari perhitungan diatas maka fan yang digunakan :

1. Fan

Jumlah	:	4 unit
Kapasitas	:	500 m ² / menit
Static pressure	:	70 mm H ₂ O
Daya	:	10 Kw / 15 HP
Putaran	:	1800 rpm
Harga	:	\$1250
Sumber	:	Pacific Industrial Supply

2. Electric motor

Jumlah	:	4 unit
Tegangan	:	460 Δ ,50 Hz , 3~
Daya	:	10 KW/15 HP
Putaran	:	1800 Rpm
Cos φ	:	0,91
Harga	:	\$1881
Sumber	:	U. S. Electric Motor (internet)

Data umum : Tingkat Suku Bunga = 5 %

(Sumber : Bank BCA)

Harga listrik per Kwh = Rp. 283,00

(Sumber : Perusahaan Listrik Negara / PLN)

Kurs Satu Dollar (1\$) = Rp. 9.000,00

(Sumber : Bank Niaga, lampiran 3)

V-2 Perhitungan life cycle costing

Untuk menganalisis dari biaya-biaya keseluruhan dari system AC dan blower digunakan pendekatan ekonomi Present Worth (PW) dengan

mengasumsikan semua parameter yang tidak diketahui. Analisis hanya pada peralatan utama perencanaan saluran diluar perhitungan. Initial cost dan annual cost merupakan dua komponen pokok dari life cycle cost, initial construction cost terdiri dari biaya investasi sedangkan annual cost terdiri dari biaya perbaikan dan perawatan serta energi untuk operasional dari system.

Life cycle cost(LCC) terdiri dari tiga komponen yaitu life cycle cost investasi (LCC_{inv}), life cycle cost kebutuhan energi untuk operasional ($LCC_{operasional}$), life cycle cost perawatan ($LCC_{perawatan}$) dan life cycle cost reparasi ($LCC_{reparasi}$) sehingga LCC total untuk system ini adalah jumlah dari keempat komponen tersebut.

$$LCC = LCC_{investasi} + LCC_{operasional} + LCC_{perawatan} + LCC_{reparasi}$$

V-2.1 Perhitungan life cycle costing AC (LCC_{AC})

V-2.1.1 Life cycle cost Investasi ($LCC_{investasi}$)

Biaya investasi yaitu suatu pengorbanan dengan pengeluaran modal yang dilakukan untuk kepentingan yang akan datang. Dengan investasi diharapkan dalam jangka waktu tertentu nilai investasi itu akan kembali dan diproyeksikan dapat memperoleh keuntungan.

Tabel 5.1 Harga dan umur peralatan AC

Peralatan	Harga	Unit	Umur (Th.)
Kompressor	\$5,000.00	1	10
Electric motor	\$3,333.33	1	10
Kondensor	\$499.00	1	5
Chilled Water pump	\$525	1	5
Chilled Water pump motor	\$1,632	1	10
Sea Water Pump	\$1,536	1	10

Katup Ekspansi	\$92	1	5
Evaporator	\$499,00	1	5

Umur kapal diperkirakan 25 tahun sehingga diperlukan beberapa investasi untuk peralatan sesuai dengan umur di atas untuk menggantikan peralatan yang rusak, dan sudah habis masa pakainya. Pada waktu pembelian peralatan kembali untuk 5 dan 10 tahun ke depan tentu saja terjadi kenaikan harga, kenaikan harga berdasarkan inflasi yang diperkirakan 3 % per tahun. Maka kenaikan harga peralatan berdasarkan inflasi 3 % per tahun dapat dihitung seperti di bawah ini :

- Kompressor

$$P = \text{US\$}5,000.00 \quad F_{\text{Kompresor}} = \text{Harga pada tahun ke-10}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{Kompresor}} = P (1+i)^n$$

$$F_{\text{Kompresor}} = \$5,000.00 (1 + 3\%)^{10}$$

$$= \$5,000.00 \times 1.3439$$

$$= \text{US\$}6,719.5$$

- Electric motor

$$P = \text{US\$}3,333.33 \quad F_{\text{EM}} = \text{Harga pada tahun ke-10}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{EM}} = P (1+i)^n$$

$$F_{\text{EM}} = \$3,333.33 (1 + 3\%)^{10}$$

$$= \$3,333.33 \times 1.3439$$

$$= \text{US\$}4,479.66$$

- Kondensor

$$P = \text{US\$499.00} \quad F_{\text{Kondensor}} = \text{Harga pada tahun ke-5}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{Kondensor}} = P (1+i)^n$$

$$F_{\text{Kondensor}} = \$499 (1 + 3\%)^5$$

$$= \$499 \times 1.1592740743$$

$$= \text{US\$578.48}$$

- Chilled Water Pump

$$P = \text{US\$525} \quad F_{\text{chilled water pump}} = \text{Harga pada tahun ke-5}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{cwp}} = P (1+i)^n$$

$$F_{\text{cwp}} = \$525 (1 + 3\%)^5$$

$$= \$525 \times 1.1592740743$$

$$= \text{US\$608.61}$$

- Chilled water Pump Motor

$$P = \text{US\$1632} \quad F_{\text{chilled water pump motor}} = \text{Harga pada tahun ke-10}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 10 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{chilled water pump motor}} = P (1+i)^n$$

$$= \$1632 (1 + 3\%)^{10}$$

$$= \$1632 \times 1.3439$$

$$= \text{US\$2193.2448}$$

- Sea Water Pump

$$P = \text{US\$1536} \quad F_{\text{Sea water pump}} = \text{Harga pada tahun ke-10}$$

$$i = 3\%$$

n = 10 tahun

$$\begin{aligned} F &= P (1+i)^n \\ F &= \$1536 (1 + 3\%)^{10} \\ &= \$1536 \times 1.3439 \\ &= \text{US\$2064.2304} \end{aligned}$$

- Kapal Ekspansi

P = US\\$92 $F_{\text{Kapal ekspansi}} = \text{Harga pada tahun ke-5}$

i = 3%

n = 5 tahun

$$\begin{aligned} F &= P (1+i)^n \\ F &= \$92 (1 + 3\%)^5 \\ &= \$92 \times 1.1592740743 \\ &= \text{US\$106.652} \end{aligned}$$

- Evaporator

P = US\\$499,00 $F_{\text{Evaporator}} = \text{Harga pada tahun ke-5}$

i = 3%

n = 5 tahun

$$\begin{aligned} F_{\text{Evaporator}} &= P (1+i)^n \\ F_{\text{Evaporator}} &= \$499,00 (1 + 3\%)^5 \\ &= \$499,00 \times 1.1592740743 \\ &= \text{US\$578.4757} \end{aligned}$$

V-2.1.2 Life cycle cost Operasional (LCC_{Operasional})

V-2.1.2.1 Jam Operasi per Tahun

Kapal dioperasikan 1 minggu 6 hari maka dalam satu bulan beroperasi 26 hari sehingga kapal dalam satu tahun akan beroperasi selama 312 hari, system dioperasikan 24 jam non stop waktu kapal beroperasi.

Jam operasi peralatan/hari = 24 jam

$$\begin{aligned} \text{Jam operasi peralatan/tahun} &= 24 \times 312 \text{ hari} \\ &= 7488 \text{ jam operasi/tahun} \end{aligned}$$

V-2.1.2.2 Konsumsi energi

Tabel 5.2 Energi peralatan AC (Kwh)

Peralatan	Energi (Kwh)	Unit	Total Energi (Kwh)
Electric Motor	132	1	132
CW Pump Motor	15	1	15
Sea Water Pump	9	1	9

- Electric Motor

Tiap 1 jam electric motor memerlukan energi = 132 Kwh

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 hari memerlukan energi sebesar} &= 132 \times 24 \\ &= 3168 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Harga per Kwh tarif listrik diambil dari PLN yaitu Rp. 283,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional per hari} &= 3168 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 283,-/\text{Kwh} \\ &= \text{Rp. } 896.544,00 \\ &= \$99.616 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional Tahun pertama} &= \text{USS}99.616 \times 312 \text{ hari} \\ &= \text{USS}31,080.192 \end{aligned}$$

- Chilled Water Pump Motor

Tiap 1 jam Chilled Water Pump Motor memerlukan energi = 15 Kwh

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 hari memerlukan energi sebesar} &= 15 \times 24 \\ &= 360 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Harga per Kwh tarif listrik diambil dari PLN yaitu Rp. 283,-

$$\text{Biaya operasional per hari} = 360 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 283,-/\text{Kwh}$$

$$= \text{Rp. } 101.880,00$$

$$= \$11.32$$

$$\text{Biaya operasional Tahun pertama} = \text{US\$}11.32 \times 312 \text{ hari}$$

$$= \text{US\$}3.531.84$$

- Sea Water Pump

Tiap 1 jam sea water pump memerlukan energi = 9 Kwh

$$\begin{aligned} \text{Tiap 1 hari memerlukan energi sebesar} &= 9 \times 24 \\ &= 216 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Harga per Kwh tarif listrik diambil dari PLN yaitu Rp. 283,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional per hari} &= 216 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 283,-/\text{Kwh} \\ &= \text{Rp. } 61.128,00 \\ &= \$6.792 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional Tahun pertama} &= \text{US\$}6.792 \times 312 \text{ hari} \\ &= \text{US\$}2.119.104 \end{aligned}$$

Diperkirakan terjadi kenaikan harga listrik per kwh dari PLN naik 1 % per tahun.

V-2.1.2.3 Life cycle cost Perawatan (LCC_{Perawatan}) dan Reparasi (LCC_{Reparasi})

Suatu system memerlukan perawatan dan perbaikan untuk mempertahankan performance semua peralatan dalam system tersebut dalam kondisi maksimal saat beroperasi.

Asumsi-asumsi : Biaya maintenance dan reparasi system diperkirakan 1 % dari biaya investasi untuk tahun pertama dan kenaikan 1 % untuk tiap tahun berikutnya. Biaya reparasi dikenakan pada waktu overhaul yang dilakukan pada waktu pertengahan umur peralatan besarnya 50 % investasi (sumber : paper dengan

judul life cycle costs of pumps in chemical industry,
 Freiderich-Wilhelm hennecke)

Tabel 5.3 Tabel biaya perawatan AC tahun pertama dan reparasi

Peralatan	Harga	Perawatan (%)	Reparasi (%)	Perawatan (\\$)	Reparasi (\\$)
Kompressor	\$5000.00	1	50	\$50.00	\$2500.00
Electric motor	\$3333.33	1	50	\$33.33	\$1666.67
Kondensor	\$499.00	1	50	\$4.99	\$249.5
CW Pump	\$525	1	50	\$5.25	\$262.5
CWP Motor	\$1632	1	50	\$16.32	\$816
S W Pump	\$1536	1	50	\$15.36	\$768
Katup Eksp.	\$92	1	50	\$0.92	\$46
Evaporator	\$499.00	1	50	\$4.99	\$249.5

V-2.1.2.3 Tabel-tabel perhitungan Biaya peralatan AC selama 25 Tahun
 (dihalaman sebaliknya)

V-2.1.2.4 Tabel-tabel perhitungan Present Value Peralatan AC
 (dihalaman sebaliknya)

Peralatan Tahun	Kompressor (umur 10 Tahun)					Electric Motor (umur 10 Tahun)					Evaporator (umur 5 Tahun)				
	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa
0	\$5,000.0	\$0	-	-	-	\$3,333.3	\$0	\$0	-	-	\$499.00	\$0	-	-	-
1	-	\$50.00	-	-	-	-	\$33.33	\$31,080.2	-	-	-	\$4.99	-	-	-
2	-	\$50.50	-	-	-	-	\$33.66	\$31,391.0	-	-	-	\$5.04	-	\$249.50	-
3	-	\$51.00	-	-	-	-	\$34.00	\$31,701.8	-	-	-	\$5.09	-	-	-
4	-	\$51.50	-	\$2,500.0	-	-	\$34.33	\$32,012.6	-	-	-	\$5.14	-	-	-
5	-	\$52.00	-	-	-	-	\$34.66	\$32,323.4	\$1,066.67	-	\$578.48	\$5.78	-	-	\$124.80
6	-	\$52.50	-	-	-	-	\$35.00	\$32,634.2	-	-	-	\$5.84	-	-	-
7	-	\$53.00	-	-	-	-	\$35.33	\$32,945.0	-	-	-	\$5.90	-	\$289.20	-
8	-	\$53.50	-	-	-	-	\$35.66	\$33,255.8	-	-	-	\$5.95	-	-	-
9	-	\$54.00	-	-	-	-	\$36.00	\$33,566.6	-	-	-	\$6.01	-	-	-
10	\$6,719.56	\$67.20	-	-	\$1,260.0	\$4,479.7	\$44.80	\$33,877.4	-	-	\$670.61	\$6.71	-	-	\$144.60
11	-	\$67.87	-	-	-	-	\$45.25	\$34,188.2	-	\$833.3	-	\$6.78	-	-	-
12	-	\$68.54	-	-	-	-	\$45.70	\$34,499.0	-	-	-	\$6.84	-	\$335.30	-
13	-	\$69.22	-	-	-	-	\$46.14	\$34,809.8	-	-	-	\$6.91	-	-	-
14	-	\$69.89	-	\$3,359.8	-	-	\$46.59	\$35,120.6	-	-	-	\$6.98	-	-	-
15	-	\$70.56	-	-	-	-	\$47.04	\$35,431.4	\$2,239.66	-	\$777.43	\$7.77	-	-	\$167.70
16	-	\$71.23	-	-	-	-	\$47.49	\$35,742.2	-	-	-	\$7.85	-	-	-
17	-	\$71.90	-	-	-	-	\$47.94	\$36,053.0	-	-	-	\$7.93	-	\$335.30	-
18	-	\$72.56	-	-	-	-	\$48.38	\$36,363.8	-	-	-	\$8.00	-	-	-
19	-	\$73.25	-	-	-	-	\$48.83	\$36,674.6	-	-	-	\$8.08	-	-	-
20	\$9,030.56	\$90.31	-	-	\$1,679.9	\$6,020.4	\$60.20	\$36,985.4	-	-	\$901.25	\$9.01	-	-	\$167.70
21	-	\$91.21	-	-	-	-	\$60.60	\$37,296.2	-	\$1,119.9	-	\$9.10	-	-	-
22	-	\$92.12	-	-	-	-	\$61.40	\$37,607.0	-	-	-	\$9.19	-	\$450.62	-
23	-	\$93.02	-	-	-	-	\$62.01	\$37,917.8	-	-	-	\$9.28	-	-	-
24	-	\$93.92	-	-	-	-	\$62.61	\$38,228.6	-	-	-	\$9.37	-	-	-
25	-	\$94.83	-	\$4,515.26	-	-	\$63.21	\$38,539.4	\$3,010.18	-	\$1,044.80	\$10.45	-	-	\$194.40
Jumlah	\$20,750.1	\$1,725.6	\$0.0	\$10,375.1	\$2,029.8	\$13,833.4	\$1,150.4	\$664,757.0	\$6,916.7	\$1,953.3	\$1,471.6	\$180.0	\$0.0	\$1,050.0	\$799.2

Tabel 5.4 Perhitungan biaya total Kompressor, Electric motor dan Evaporator

Peralatan	Chilled Water Pump (umur 5 Tahun)					Katup Ekspansi (umur 5 Tahun)					Kondensor (umur 5 Tahun)					
	Tahun	Investasi	Pemeliharaan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Investasi	Pemeliharaan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Investasi	Pemeliharaan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa
0.	\$525.0	\$0				\$92.0	\$0					\$499.00	\$0	-	-	-
1.		\$5.25	-				\$0.92	-				\$4.99	-	-	-	
2.	-	\$6.30	-	\$267.5	-		\$0.93	-	\$0.46	-		\$5.04	-	\$249.50	-	
3.	-	\$5.36	-		-		\$0.94	-		-		\$5.09	-	-	-	
4.	-	\$5.41	-		-		\$0.95	-		-		\$5.14	-	-	-	
5.	\$509.62	\$6.09	-	-		\$131.3	\$106.65	\$1.07	-		\$23.0	\$578.48	\$5.78	-	-	\$124.80
6.	-	\$6.28	-		-		\$1.12	-		-		\$5.84	-	-	-	
7.	-	\$8.54	-	\$304.3	-		\$1.13	-	\$53.3	-		\$5.90	-	\$289.20	-	
8.	-	\$8.43	-		-		\$1.14	-		-		\$5.95	-	-	-	
9.	-	\$8.51	-		-		\$1.10	-		-		\$6.01	-	-	-	
10.	\$705.58	\$7.01	-	-		\$152.2	\$123.64	\$1.24	-		\$26.7	\$670.61	\$6.71	-	-	\$144.60
11.	-	\$7.48	-		-		\$1.36	-		-		\$6.78	-	-	-	
12.	-	\$7.55	-	\$352.8	-		\$1.38	-	\$61.6	-		\$6.84	-	\$335.30	-	
13.	-	\$7.62	-		-		\$1.39	-		-		\$6.91	-	-	-	
14.	-	\$7.70	-		-		\$1.40	-		-		\$6.98	-	-	-	
15.	\$817.83	\$6.16	-			\$176.4	\$143.33	\$1.43	-		\$30.9	\$777.43	\$7.77	-	-	\$167.70
16.	-	\$8.67	-		-		\$1.64	-		-		\$7.85	-	-	-	
17.	-	\$8.75	-	\$352.8	-		\$1.66	-	\$61.8	-		\$7.93	-	\$335.30	-	
18.	-	\$8.83	-		-		\$1.67	-		-		\$8.00	-	-	-	
19.	-	\$8.92	-		-		\$1.68	-		-		\$8.08	-	-	-	
20.	\$946.21	\$9.46	-	-		\$176.4	\$166.16	\$1.66	-		\$30.9	\$901.25	\$9.01	-	-	\$167.70
21.	-	\$9.57	-		-		\$1.99	-		-		\$9.10	-	-	-	
22.	-	\$9.67	-	\$474.10	-		\$2.01	-	\$63.08	-		\$9.19	-	\$450.62	-	
23.	-	\$9.70	-		-		\$2.03	-		-		\$9.28	-	-	-	
24.	-	\$9.86	-		-		\$2.04	-		-		\$9.37	-	-	-	
25.	\$1,099.23	\$10.89	-			\$204.5	\$192.63	\$1.93	-		\$35.6	\$1,044.80	\$10.45	-	-	\$194.40
Jumlah	\$4,704.5	\$201.0	\$0.0	\$1,746.5	\$840.7	\$824.4	\$35.9	\$0.0	\$306.0	\$147.3	\$4,471.6	\$180.0	\$0.0	\$1,659.9	\$799.2	

Tabel 5.5 Perhitungan biaya total Chilled Water pump, Katup Ekspansi dan Kondensor

Peralatan Tahun	Chilled Water Pump Motor (umur 10 Tahun)						Sea Water Pump (umur 10 Tahun)			
	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai saat	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai saat
0	\$1,632.0	\$0	\$0	-	-	\$1,536.0	\$0	\$0	-	-
1	-	\$16.32	\$3,531.8	-	-	-	\$15.36	\$2,119.1	-	-
2	-	\$16.48	\$3,567.1	-	-	-	\$15.51	\$2,140.3	-	-
3	-	\$16.65	\$3,602.4	-	-	-	\$15.67	\$2,161.5	-	-
4	-	\$16.81	\$3,637.8	\$616.0	-	-	\$15.82	\$2,182.7	\$700.00	-
5	-	\$16.97	\$3,673.1	-	-	-	\$15.97	\$2,203.9	-	-
6	-	\$17.14	\$3,708.4	-	-	-	\$16.13	\$2,225.1	-	-
7	-	\$17.30	\$3,743.7	-	-	-	\$16.29	\$2,246.2	-	-
8	-	\$17.46	\$3,779.0	-	-	-	\$16.44	\$2,267.4	-	-
9	-	\$17.63	\$3,814.3	-	-	-	\$16.59	\$2,288.6	-	-
10	\$2,163.27	\$11.55	\$3,849.7	-	\$406.0	\$2,064.3	\$20.64	\$2,309.8	-	\$384.0
11	-	\$11.67	\$3,885.0	-	-	-	\$20.85	\$2,331.0	-	-
12	-	\$11.78	\$3,920.3	-	-	-	\$21.05	\$2,352.2	-	-
13	-	\$11.93	\$3,955.6	-	-	-	\$21.26	\$2,373.4	-	-
14	-	\$12.01	\$3,980.9	\$1,096.6	-	-	\$21.47	\$2,394.6	\$1,032.13	-
15	-	\$12.13	\$4,026.3	-	-	-	\$21.67	\$2,415.8	-	-
16	-	\$12.24	\$4,061.6	-	-	-	\$21.88	\$2,437.0	-	-
17	-	\$12.36	\$4,096.9	-	-	-	\$22.09	\$2,458.2	-	-
18	-	\$12.47	\$4,132.2	-	-	-	\$22.29	\$2,479.3	-	-
19	-	\$12.59	\$4,167.5	-	-	-	\$22.50	\$2,500.5	-	-
20	\$2,947.57	\$8.57	\$4,202.8	-	\$548.3	\$2,774.2	\$27.74	\$2,521.7	-	-
21	-	\$8.66	\$4,238.2	-	-	-	\$28.02	\$2,542.9	-	\$516.1
22	-	\$8.74	\$4,273.5	-	-	-	\$28.29	\$2,564.1	-	-
23	-	\$8.83	\$4,308.8	-	-	-	\$28.57	\$2,585.3	-	-
24	-	\$8.91	\$4,344.1	-	-	-	\$28.85	\$2,606.5	-	-
25	-	\$9.00	\$4,379.4	\$1,473.79	-	-	\$29.13	\$2,627.7	\$1,387.09	-
Jumlah	\$6,772.8	\$326.2	\$68,890.4	\$3,386.4	\$956.3	\$6,374.4	\$530.1	\$58,334.8	\$3,187.2	\$900.1

Tabel 5.6 Perhitungan biaya total Chilled Water Pump dan Sea water pump

Tugas Akhir KS 1701

NO	Peralatan	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Kompresor	\$20,750.10	\$1,725.60	\$0.00	\$10,375.10	\$2,929.90	\$29,920.90
2	Electric Motor	\$13,833.40	\$1,150.40	\$864,757.00	\$6,916.70	\$1,953.30	\$864,704.20
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,007.90	\$144.27	\$37,408.31	\$1,007.15	\$270.20	\$41,297.43
4	Sea Water Pump	\$6,374.40	\$530.10	\$59,334.80	\$3,187.20	\$900.10	\$68,526.40
5	Chilled Water Pump	\$4,705.50	\$201.00	\$0.00	\$1,746.50	\$840.70	\$5,812.30
6	Katup Ekspansi	\$824.70	\$35.90	\$0.00	\$306.00	\$147.30	\$1,019.30
7	Kondensor	\$4,471.60	\$180.00	\$0.00	\$1,659.90	\$799.20	\$5,512.30
8	Evaporator	\$4,471.60	\$180.00	\$0.00	\$1,659.90	\$799.20	\$5,512.30
Jumlah		\$58,439.2	\$4,147.3	\$961,500.1	\$26,858.5	\$8,639.9	\$1,042,305.1

Tabel 5.7 Perhitungan Biaya total AC selama 25 tahun

Discount rate	Kompresor (umur 10 Tahun)										Electric Motor (umur 10 Tahun)											
	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa		
5%	\$5,900.00	\$5,000.00	\$0	\$0							\$3,333.33	\$3,333.33	\$0	\$0	\$0	\$0						
5%	-	\$60.00	\$47.62								-	\$33.33	\$31.75	\$21,080.2	\$29,600.18	-	-					
5%	-	\$50.50	\$45.60								-	\$33.66	\$30.53	\$31,391.0	\$26,472.56	-	-					
5%	-	\$51.00	\$44.06								-	\$34.00	\$29.37	\$31,791.6	\$27,385.21	-	-					
5%	-	\$51.50	\$42.37			\$2,500.00	\$1,956.82	-	-	-	-	\$34.33	\$28.24	\$32,012.6	\$26,336.85	-	-					
5%	-	\$52.00	\$40.74								-	\$34.66	\$27.16	\$32,323.4	\$25,326.24	\$1,806.67	\$1,305.88	-	-			
5%	-	\$52.50	\$39.18								-	\$35.00	\$26.11	\$32,634.2	\$24,352.15	-	-					
5%	-	\$53.00	\$37.67								-	\$35.33	\$25.11	\$32,945.0	\$23,413.40	-	-					
5%	-	\$53.50	\$36.21								-	\$35.66	\$24.14	\$33,255.8	\$22,506.84	-	-					
5%	-	\$54.00	\$34.81								-	\$36.00	\$23.20	\$33,566.6	\$21,637.34	-	-					
5%	\$6,719.58	\$4,129.24	\$67.20	\$41.25					\$1,250.00	\$767.39	\$4,479.7	\$2,750.15	\$44.80	\$27.50	\$33,877.4	\$20,797.80	-	-	\$833.3	\$511.59		
5%	-	\$67.87	\$39.68						-	-	-	\$45.25	\$26.46	\$34,186.2	\$19,989.14	-	-					
5%	-	\$68.54	\$38.17						-	-	-	\$45.70	\$25.45	\$34,499.0	\$19,210.35	-	-					
5%	-	\$69.22	\$36.71						-	-	-	\$46.14	\$24.47	\$34,809.8	\$18,460.39	-	-					
5%	-	\$69.89	\$35.30			\$3,350.8	\$1,696.92	-	-	-	-	\$46.59	\$23.53	\$35,120.6	\$17,736.30	-	-					
5%	-	\$70.56	\$33.94						-	-	-	\$47.04	\$22.63	\$35,431.4	\$17,043.12	\$2,239.80	\$1,027.41	-	-			
5%	-	\$71.23	\$32.63						-	-	-	\$47.49	\$21.75	\$35,742.2	\$16,373.93	-	-					
5%	-	\$71.90	\$31.37						-	-	-	\$47.94	\$20.91	\$36,053.0	\$15,729.82	-	-					
5%	-	\$72.58	\$30.16						-	-	-	\$48.38	\$20.10	\$36,363.8	\$15,109.92	-	-					
5%	-	\$73.25	\$28.99						-	-	-	\$48.83	\$19.32	\$36,674.6	\$14,513.40	-	-					
5%	\$9,030.56	\$3,403.52	\$90.31	\$34.04					\$1,678.8	\$633.13	\$6,020.4	\$2,289.01	\$60.20	\$22.89	\$36,985.4	\$13,939.42	-	-	\$1,119.9	\$422.09		
5%	-	\$91.21	\$32.74						-	-	-	\$60.60	\$21.82	\$37,296.2	\$13,347.20	-	-					
5%	-	\$92.12	\$31.49						-	-	-	\$61.40	\$20.99	\$37,607.0	\$12,655.90	-	-					
5%	-	\$93.07	\$30.28						-	-	-	\$62.01	\$20.19	\$37,917.8	\$12,144.98	-	-					
5%	-	\$93.92	\$29.12						-	-	-	\$62.61	\$19.41	\$38,228.6	\$11,653.48	-	-					
5%	-	\$94.63	\$28.00			\$4,515.28	\$1,333.37	-	-	-	-	\$63.21	\$18.67	\$38,530.9	\$9,760.01	\$3,010.18	\$888.92	-	-			
	\$12,528.8	\$902.33							\$4,989.11		\$1,400.5		\$8,352.5		\$801.52						\$3,772.20	\$933.7

Tabel 5.8 Present value Kompresor dan Electric motor

Chilled Water Pump Motor (umur 10 Tahun)										Sea Water Pump (umur 10 Tahun)									
Discount rate	Investasi	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Opetasi	Reparasi	PV Reparasi	Nisai sia	PV Nisai sia	Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Operasi	PV Reparasi	Nisai sia	PV Nisai sia			
5%	\$1.632,0	\$1.632,0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1.536,0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	
5%	-	\$16.320	\$16.320	\$0	\$0	\$0	\$0	-	\$15.516	\$14.033	\$2.119,1	\$2.015,19	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$16.48	\$14.865	\$2.567,1	\$3.236,48	-	-	-	\$15.51	\$14.03	\$2.119,1	\$2.015,19	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$16.65	\$14.38	\$3.602,4	\$3.111,92	-	-	-	\$15.67	\$13.53	\$2.161,5	\$2.061,17	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$16.81	\$13.85	\$3.637,6	\$2.692,79	\$16.0	\$6.7135	-	\$16.82	\$13.02	\$2.182,7	\$2.082,7	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$16.97	\$13.30	\$3.673,1	\$2.677,25	-	-	-	\$16.97	\$12.52	\$2.203,9	\$2.103,9	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$17.14	\$12.79	\$3.708,4	\$2.767,26	-	-	-	\$17.13	\$12.03	\$2.225,1	\$2.125,1	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$17.30	\$12.29	\$3.743,7	\$2.860,56	-	-	-	\$17.30	\$11.57	\$2.246,2	\$2.146,2	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$17.46	\$11.62	\$3.779,0	\$2.957,79	-	-	-	\$17.46	\$11.12	\$2.267,4	\$2.167,4	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$17.63	\$11.36	\$3.814,3	\$2.950,76	-	-	-	\$17.63	\$10.69	\$2.288,6	\$2.188,6	-	-	-	-	-	-	-
5%	\$2.193,27	\$1.665,48	\$11.55	\$3.849,7	\$2.963,36	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.664,3	\$1.2617,27	\$20.64	\$12.17	\$2.309,8	\$1.410,03	\$3.64,0	\$235,74	-	
5%	-	\$11.67	\$8.80	\$3.885,0	\$2.271,47	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,0	\$2.011,0	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$11.74	\$8.56	\$3.920,3	\$2.182,07	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,2	\$2.012,2	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$11.90	\$5.31	\$3.955,6	\$2.097,75	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,27	\$2.012,34	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.01	\$4.07	\$3.990,9	\$2.015,69	\$11.006,6	\$563,86	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,47	\$2.012,46	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.13	\$5.83	\$4.025,3	\$1.936,70	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,67	\$2.012,47	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.24	\$5.61	\$4.061,6	\$1.860,45	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.117,87	\$2.012,48	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.36	\$5.39	\$4.096,9	\$1.787,46	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.118,07	\$2.012,49	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.47	\$5.18	\$4.132,2	\$1.717,02	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.118,27	\$2.012,50	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$12.59	\$4.96	\$4.167,5	\$1.649,23	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.118,47	\$2.012,51	-	-	-	-	-	-	-
5%	\$2.947,57	\$1.110,91	\$8.57	\$3.23	\$1.584,01	-	-	\$5.649,2	\$2.000,0	\$2.774,2	\$1.045,56	\$27.74	\$10.46	\$2.321,7	\$9.04,41	\$3516,1	\$104,50	-	
5%	-	\$8.66	\$3.11	\$4.236,2	\$1.521,26	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.842,9	\$1.012,76	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$8.74	\$2.99	\$4.273,5	\$1.460,69	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.864,1	\$1.016,54	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$8.93	\$2.87	\$4.306,0	\$1.402,92	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.885,3	\$1.017,70	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$9.91	\$2.76	\$4.344,4	\$1.346,97	-	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.906,5	\$1.018,19	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	\$0.00	\$2.66	\$4.384,4	\$1.293,26	\$1.412,79	\$4305,21	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$2.927,7	\$1.018,66	\$1.307,09	\$1.307,09	\$2.943,6	\$1.307,09	\$5430,2	\$51.562,74	-
5%	-	\$197,73	\$197	\$5.517,00	\$1.660,41	\$4.671	-	-	\$2.000,0	\$2.000,0	\$3.027,7	\$1.307,17	\$1.307,09	\$1.307,09	\$3.043,6	\$1.307,09	\$5430,2	\$51.562,74	-
5%	-	\$4.008,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 5.9 Present value Chilled water pump motor dan Sea water pump

Tugas Akhir KS 1701

Discount rate	Chilled Water Pump (umur 5 Tahun)										Katup Ekspansi (umur 5 Tahun)											
	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV		
5%	\$525.0	\$525.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	\$92.0	\$92.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	-		
5%	-	-	\$5.25	\$5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.92	\$0.88	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$0.30	\$4.81	-	-	\$262.5	\$238.10	-	-	-	-	\$0.93	\$0.84	-	-	\$46.0	\$41.72	-	-	-	
5%	-	-	\$5.36	\$4.63	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.94	\$0.81	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$5.41	\$4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.95	\$0.78	-	-	-	-	-	-	-	
5%	\$608.62	\$373.64	\$6.00	\$4.77	-	-	-	-	\$131.3	\$80.56	\$106.65	\$65.48	\$1.07	\$0.84	-	-	-	-	\$23.0	\$16.02	-	
5%	-	-	\$8.26	\$6.17	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.12	\$0.84	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$8.34	\$5.93	-	-	\$304.3	\$216.27	-	-	-	-	\$1.13	\$0.81	-	-	\$53.3	\$37.90	-	-	-	
5%	-	-	\$8.43	\$5.70	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.14	\$0.77	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$8.51	\$5.48	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.15	\$0.74	-	-	-	-	-	-	-	
5%	\$705.56	\$433.15	\$7.06	\$4.33	-	-	-	-	\$152.2	\$93.41	\$123.64	\$75.90	\$1.24	\$0.76	-	-	-	-	\$26.7	\$16.37	-	
5%	-	-	\$7.46	\$4.38	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.30	\$0.80	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$7.55	\$4.21	-	-	\$352.8	\$196.44	-	-	-	-	\$1.30	\$0.77	-	-	\$61.8	\$34.42	-	-	-	
5%	-	-	\$7.62	\$4.04	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.30	\$0.74	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$7.70	\$3.89	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.40	\$0.71	-	-	-	-	-	-	-	
5%	\$817.93	\$393.44	\$8.18	\$3.93	-	-	-	-	\$176.4	\$84.65	\$143.33	\$68.95	\$1.43	\$0.69	-	-	-	-	\$30.9	\$14.87	-	
5%	-	-	\$8.67	\$3.97	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.64	\$0.75	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$8.75	\$3.82	-	-	\$352.8	\$176.18	-	-	-	-	\$1.66	\$0.72	-	-	\$61.8	\$26.97	-	-	-	
5%	-	-	\$8.83	\$3.67	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.67	\$0.70	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$8.92	\$3.53	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.69	\$0.67	-	-	-	-	-	-	-	
5%	\$948.21	\$557.37	\$9.48	\$3.57	-	-	-	-	\$176.4	\$106.48	\$166.16	\$62.52	\$1.66	\$0.63	-	-	-	-	\$30.9	\$11.65	-	
5%	-	-	\$9.57	\$3.44	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.89	\$0.72	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$9.87	\$3.31	-	-	\$474.10	\$197.00	-	-	-	-	\$2.01	\$0.69	-	-	\$63.08	\$26.40	-	-	-	
5%	-	-	\$9.76	\$3.18	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.03	\$0.66	-	-	-	-	-	-	-	
5%	-	-	\$9.86	\$3.06	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.04	\$0.63	-	-	-	-	-	-	-	
5%	\$1.009.23	\$524.61	\$10.99	\$3.25	-	-	-	-	\$204.5	\$100.38	\$192.63	\$56.84	\$1.93	\$0.57	-	-	-	-	\$35.8	\$10.58	-	
		\$2.407.2		\$106.50					\$1.025.98		\$385.7		\$421.8							\$169.42		\$71.5

Tabel 5.10 Present Value Chilled water pump dan Katup ekspansi

Tugas Akhir KS 1701

Discount rate	Kondensor (umur 5 Tahun)										Evaporator (umur 5 Tahun)									
	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa
5%	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$4.99	\$4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	\$4.99	\$4.75	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$5.04	\$4.57	-	-	\$249.5	\$226.30	-	-	-	-	\$5.04	\$4.57	-	-	\$249.5	\$226.30	-	-
5%	-	-	\$5.09	\$4.40	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.09	\$4.40	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$5.14	\$4.23	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.14	\$4.23	-	-	-	-	-	-
5%	\$578.48	\$453.25	\$5.78	\$4.53	-	-	-	-	\$124.8	\$97.74	\$578.48	\$453.25	\$5.78	\$4.53	-	-	-	-	\$124.8	\$97.74
5%	-	-	\$5.84	\$4.36	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.84	\$4.36	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$5.90	\$4.19	-	-	\$289.2	\$205.56	-	-	-	-	\$5.90	\$4.19	-	-	\$289.2	\$205.56	-	-
5%	-	-	\$5.95	\$4.03	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.95	\$4.03	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$6.01	\$3.87	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.01	\$3.87	-	-	-	-	-	-
5%	\$670.61	\$411.70	\$6.71	\$4.12	-	-	-	-	\$144.6	\$60.76	\$670.61	\$411.70	\$6.71	\$4.12	-	-	-	-	\$144.6	\$60.76
5%	-	-	\$6.78	\$3.96	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.78	\$3.96	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$6.84	\$3.81	-	-	\$135.3	\$186.71	-	-	-	-	\$6.84	\$3.81	-	-	\$135.3	\$186.71	-	-
5%	-	-	\$6.91	\$3.67	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.91	\$3.67	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$6.98	\$3.52	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.98	\$3.52	-	-	-	-	-	-
5%	\$777.43	\$373.96	\$7.77	\$3.74	-	-	-	-	\$167.7	\$60.64	\$777.43	\$373.96	\$7.77	\$3.74	-	-	-	-	\$167.7	\$60.64
5%	-	-	\$7.85	\$3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	\$7.85	\$3.60	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$7.93	\$3.46	-	-	\$335.3	\$146.29	-	-	-	-	\$7.93	\$3.46	-	-	\$335.3	\$146.29	-	-
5%	-	-	\$8.00	\$3.33	-	-	-	-	-	-	-	-	\$8.00	\$3.33	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$8.08	\$3.20	-	-	-	-	-	-	-	-	\$8.08	\$3.20	-	-	-	-	-	-
5%	\$901.25	\$339.67	\$9.01	\$3.40	-	-	-	-	\$167.7	\$63.19	\$901.25	\$339.67	\$9.01	\$3.40	-	-	-	-	\$167.7	\$63.19
5%	-	-	\$9.10	\$3.27	-	-	-	-	-	-	-	-	\$9.10	\$3.27	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$9.19	\$3.14	-	-	\$450.62	\$154.05	-	-	-	-	\$9.19	\$3.14	-	-	\$450.62	\$154.05	-	-
5%	-	-	\$9.28	\$3.02	-	-	-	-	-	-	-	-	\$9.28	\$3.02	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$9.37	\$2.91	-	-	-	-	-	-	-	-	\$9.37	\$2.91	-	-	-	-	-	-
5%	\$1,044.80	\$308.53	\$10.45	\$3.09	-	-	-	-	\$194.4	\$57.39	\$1,044.80	\$308.53	\$10.45	\$3.09	-	-	-	-	\$194.4	\$57.39
	\$1,250.4		\$94.15				\$918.91		\$387.8	\$1,250.4		\$94.15						\$918.91		\$387.8

Tabel 5.11 Present Value Kondensor dan Evaporator

NO	Peralatan	PV	PV	PV	PV	PV	PV
		Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Kompresor	\$12,528.80	\$902.33	\$0.00	\$4,989.11	\$1,400.50	\$17,019.74
2	Electric Motor	\$8,352.50	\$601.52	\$478,140.00	\$3,272.20	\$933.70	\$489,432.52
3	Chilled Water Pump Motor	\$4,089.40	\$197.73	\$54,517.68	\$1,660.41	\$457.10	\$60,008.12
4	Sea Water Pump	\$3,848.80	\$277.17	\$32,710.90	\$1,562.74	\$430.20	\$37,969.41
5	Chilled Water Pump	\$2,407.20	\$106.50	\$0.00	\$1,025.98	\$385.70	\$3,153.98
6	Katup Ekspansi	\$421.80	\$18.50	\$0.00	\$169.42	\$71.50	\$538.22
7	Kondensor	\$1,250.40	\$94.15	\$0.00	\$918.91	\$387.80	\$1,875.66
8	Evaporator	\$1,250.40	\$94.15	\$0.00	\$918.91	\$387.80	\$1,875.66
Jumlah		\$34,149.3	\$2,292.1	\$565,368.6	\$14,517.7	\$4,454.3	\$611,873.3

Tabel 5.12 Present Value Total AC

Harga per Kwh tarif listrik diambil dari PLN yaitu Rp. 283,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional per hari} &= 1152 \text{ Kwh} \times \text{Rp. } 283,-/\text{Kwh} \\ &= \text{Rp. } 326.016,00 \\ &= \$36.224 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya operasional Tahun pertama} &= \text{US\$}36.224 \times 312 \text{ hari} \\ &= \text{US\$ } 11,301.888 \end{aligned}$$

V-2.2.2.3 Life cycle cost Perawatan (LCC_{Perawatan}) dan Reparasi (LCC_{Reparasi})

Suatu system memerlukan perawatan dan perbaikan untuk mempertahankan performance semua peralatan dalam system tersebut dalam kondisi maksimal saat beroperasi.

Asumsi-asumsi : Biaya maintenance dan reparasi system diperkirakan 1 % dari biaya investasi untuk tahun pertama dan kenaikan 1 % untuk tiap tahun berikutnya. Biaya reparasi dikenakan pada waktu overhaul yang dilakukan pada waktu pertengahan umur peralatan besarnya 50 % investasi (sumber : paper dengan judul life cycle costs of pumps in chemical industry, Freiderich-Wilhelm hennecke)

Tabel 5.57 Tabel biaya perawatan Blower tahun pertama dan reparasi

Peralatan	Harga	Perawatan (%)	Reparasi (%)	Perawatan (\$)	Reparasi (\$)
Fan	\$1,250.00	1	50	\$12.5	\$625.00
Electric motor	\$1,881.00	1	50	\$18.81	\$940.5

V-2.2.2.4 Tabel-tabel perhitungan Biaya peralatan Blower selama 25 Tahun (dihalaman sebaliknya)

V-2.2.2.5 Tabel-tabel perhitungan Present Value Peralatan Blower (dihalaman sebaliknya)

- Electric motor

$P = \text{US\$1},881.00$ $F_{EM} = \text{Harga pada tahun ke-10}$

$i = 3\%$

$n = 10 \text{ tahun}$

$$F_{EM} = P(1+i)^n$$

$$F_{EM} = \$1,881.00 (1 + 3\%)^{10}$$

$$= \$1,881.00 \times 1.3439$$

$$= \text{US\$2},527.88$$

V-2.2.2 Life cycle cost Operasional (LCC_{Operasional})



V-2.2.2.1 Jam Operasi per Tahun

Kapal dioperasikan 1 minggu 6 hari maka dalam satu bulan beroperasi 26 hari sehingga kapal dalam satu tahun akan beroperasi selama 312 hari. system dioperasikan 24 jam non stop waktu kapal beroperasi.

Jam operasi peralatan/hari = 24 jam

Jam operasi peralatan/tahun = $24 \times 312 \text{ hari}$

$$= 7488 \text{ jam operasi/tahun}$$

V-2.2.2.2 Konsumsi energi

Tabel 5.56 Energi peralatan Blower (Kwh)

Peralatan	Energi (Kwh)	Unit	Total Energi (Kwh)
Electric Motor	12	4	48

- Electric Motor

Tiap 1 jam electric motor memerlukan energi = 48 Kwh

Tiap 1 hari memerlukan energi sebesar = 48×24

$$= 1152 \text{ Kwh}$$

V-2.2 Perhitungan life cycle costing Blower (LCC_{Blower})

V-2.2.1 Life cycle cost Investasi (LCC_{Investasi})

Biaya investasi yaitu suatu pengorbanan dengan pengeluaran modal yang dilakukan untuk kepentingan yang akan datang dan dengan investasi diharapkan dalam jangka waktu tertentu nilai investasi itu akan kembali dan diproyeksikan dapat memperoleh keuntungan.

Tabel 5.55 Harga dan umur peralatan blower

Peralatan	Harga	Unit	Umur (Th.)
Fan	\$1,250.00	4	5
Electric motor	\$1,881.00	4	10

Umur kapal diperkirakan 25 tahun sehingga diperlukan beberapa investasi untuk peralatan sesuai dengan umur di atas untuk menggantikan peralatan yang rusak, dan sudah habis masa pakainya. Pada waktu pembelian peralatan kembali untuk 5 dan 10 tahun ke depan tentu saja terjadi kenaikan harga, kenaikan harga berdasarkan inflasi yang diperkirakan 3 % per tahun. Maka kenaikan harga peralatan berdasarkan inflasi 3 % per tahun dapat dihitung seperti di bawah ini :

- Fan

$$P = \text{US\$}1,250.00 \quad F_{\text{Fan}} = \text{Harga pada tahun ke-5}$$

$$i = 3\%$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$

$$F_{\text{Fan}} = P (1+i)^n$$

$$F_{\text{Fan}} = \$1,250.00 (1 + 3\%)^5$$

$$= \$1,250.00 \times 1.159274$$

$$= \text{US\$}1,449.09$$

V-2.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitifitas dilakukan yaitu dengan mengubah nilai-nilai dari suatu parameter pada suatu saat untuk selanjutnya dilihat berbagai kemungkinan pengaruhnya terhadap akseptabilitas dari kedua alternatif investasi di atas. Parameter yang biasa digunakan berubah dan perubahan parameter tersebut bias mempengaruhi keputusan-keputusan dalam studi ekonomi teknik. Parameter yang biasa digunakan yaitu biaya investasi, aliran kas, nilai sisa tingkat suku bunga, umur peralatan dan sebagainya. Discount rate dipilih untuk analisis sensitivitas pada penulisan ini untuk mengetahui seberapa sensitive suatu keputusan terhadap parameter yang mempengaruhi keputusan.

Perhitungan analisis sensitivitas dapat dilihat dalam table 5.8 – 5.16 (dihalaman sebaliknya) dengan menggunakan variasi discount rate 5 %, 6% dan 7% dan karena suku bunga bank 5 %.

Peralatan	Electric Motor (umur 10 Tahun)					Fan (umur 5 Tahun)				
	Tahun	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa
0	\$1,881.0	\$0	\$0	-	-	\$1,250.0	\$0	-	-	-
1	-	\$18.81	\$1,195.4	-	-	-	\$12.50	-	-	-
2	-	\$19.00	\$1,207.5	-	-	-	\$12.63	-	\$625.00	-
3	-	\$19.19	\$1,219.4	-	-	-	\$12.75	-	-	-
4	-	\$19.37	\$1,231.4	\$940.5	-	-	\$12.88	-	-	-
5	-	\$19.56	\$1,243.3	-	-	\$1,449.1	\$14.49	-	-	\$312.5
6	-	\$19.75	\$1,255.3	-	-	-	\$15.21	-	-	-
7	-	\$19.94	\$1,267.2	-	-	-	\$15.36	-	\$724.55	-
8	-	\$20.13	\$1,279.2	-	-	-	\$15.50	-	-	-
9	-	\$20.31	\$1,291.1	-	-	-	\$15.65	-	-	-
10	\$2,527.91	\$25.28	\$1,303.1	-	\$470.3	\$1,679.9	\$16.80	-	-	\$362.3
11	-	\$25.53	\$1,315.1	-	-	-	\$16.97	-	-	-
12	-	\$25.79	\$1,327.0	-	-	-	\$17.14	-	\$839.95	-
13	-	\$26.04	\$1,339.0	-	-	-	\$17.30	-	-	-
14	-	\$26.29	\$1,350.9	\$1,264.0	-	-	\$17.47	-	-	-
15	-	\$26.54	\$1,362.9	-	-	\$1,947.5	\$19.47	-	-	\$420.0
16	-	\$26.80	\$1,374.8	-	-	-	\$20.64	-	-	-
17	-	\$27.05	\$1,386.8	-	-	-	\$20.83	-	\$973.73	-
18	-	\$27.30	\$1,398.7	-	-	-	\$21.03	-	-	-
19	-	\$27.56	\$1,410.7	-	-	-	\$21.22	-	-	-
20	\$3,397.30	\$33.97	\$1,422.6	-	\$632.0	\$2,257.6	\$22.58	-	-	\$406.9
21	-	\$34.31	\$1,434.6	-	-	-	\$22.81	-	-	-
22	-	\$34.65	\$1,446.6	-	-	-	\$23.03	-	\$1,128.82	-
23	-	\$34.00	\$1,458.5	-	-	-	\$23.26	-	-	-
24	-	\$35.33	\$1,470.5	-	-	-	\$23.48	-	-	-
25	-	\$35.67	\$1,482.4	\$1,698.65	-	\$2,617.2	\$26.17	-	-	\$564.4
Jumlah	\$7,806.2	\$849.2	\$33,473.9	\$3,903.1	\$1,102.2	\$11,201.3	\$457.2	\$0.0	\$4,292.0	\$2,146.0

Tabel 5.13 Perhitungan biaya Blower

NO	Peralatan	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Fan	\$11,201.30	\$457.20	\$0.00	\$4,292.00	\$2,146.00	\$13,804.50
2	Electric Motor	\$7,806.20	\$649.20	\$33,473.90	\$3,903.10	\$1,102.20	\$44,730.20
Jumlah		\$19,007.5	\$1,106.4	\$33,473.9	\$8,195.1	\$3,248.2	\$58,534.7

Tabel 5.14 Perhitungan biaya total Blower selama 25 tahun

Jumlah Blower	Biaya Total	Biaya Total 4 unit blower
4	\$58,534.70	\$234,138.80

Tabel 5.15 Perhitungan biaya total 4 unit Blower selama 25 tahun

atan	Discount rate	Electric Motor (umur 10 Tahun)						Fan (umur 5 Tahun)					
		PV Investasi	PV Perserwatan	PV Perawatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Investasi	PV Perserwatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Netil asta
5%	5%	\$1,881.0	\$1,881.0	\$0	\$0	\$0	\$1,250.0	\$1,250.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-
5%	5%	-	\$16.01	\$17.91	\$1,195.4	\$1,138.47	-	-	\$17.50	\$11.90	-	-	-
5%	5%	-	-	\$19.00	\$17.23	\$1,207.5	\$1,053.20	-	-	\$12.63	\$11.45	-	-
5%	5%	-	-	\$19.19	\$16.57	\$1,219.4	\$1,053.37	-	-	\$12.75	\$11.01	-	-
5%	5%	-	-	\$19.37	\$15.94	\$1,231.4	\$1,013.05	\$1,956.82	-	\$12.88	\$10.59	-	-
5%	5%	-	-	\$19.56	\$15.33	\$1,243.3	\$874.17	-	\$1,491.1	\$11,354.0	\$14.48	\$11.35	-
5%	5%	-	-	\$19.75	\$14.74	\$1,255.3	\$926.71	-	-	\$15.21	\$11.35	-	\$312.5
5%	5%	-	-	\$19.94	\$14.17	\$1,267.2	\$900.00	-	-	\$15.36	\$10.92	\$511.92	-
5%	5%	-	-	\$20.13	\$13.62	\$1,279.2	\$865.80	-	-	\$15.50	\$10.49	-	-
5%	5%	-	-	\$20.31	\$13.10	\$1,291.1	\$832.28	-	-	\$15.65	\$10.09	-	-
5%	5%	\$2,527.91	\$1,551.92	\$25.28	\$15.52	\$1,303.1	\$799.99	-	\$470.3	\$298.60	\$1,679.9	\$1,031.31	\$16.80
5%	5%	-	-	\$25.53	\$14.93	\$1,315.1	\$768.88	-	-	\$16.80	\$10.31	-	\$362.3
5%	5%	-	-	\$25.79	\$14.36	\$1,327.0	\$738.93	-	-	\$16.87	\$9.92	-	\$222.40
5%	5%	-	-	\$26.04	\$13.81	\$1,339.0	\$710.08	-	-	\$17.14	\$9.54	\$819.95	\$467.71
5%	5%	-	-	\$26.29	\$13.28	\$1,350.9	\$682.30	\$1,264.0	\$638.38	-	\$17.30	\$9.18	-
5%	5%	-	-	\$26.54	\$12.77	\$1,362.9	\$655.56	-	-	\$17.47	\$8.82	-	-
5%	5%	-	-	\$26.80	\$12.28	\$1,374.6	\$629.82	-	-	\$19.47	\$8.37	-	\$420.0
5%	5%	-	-	\$27.05	\$11.80	\$1,386.8	\$605.05	-	-	\$20.64	\$8.45	-	\$202.01
5%	5%	-	-	\$27.30	\$11.34	\$1,398.7	\$581.20	-	-	\$20.83	\$9.09	\$973.73	\$424.84
5%	5%	-	-	\$27.56	\$10.90	\$1,410.7	\$558.26	-	-	\$21.03	\$8.74	-	-
5%	5%	\$3,307.30	\$1,260.40	\$33.97	\$12.80	\$1,422.6	\$536.16	-	-	\$21.22	\$8.40	-	-
5%	5%	-	-	\$34.31	\$12.32	\$1,434.6	\$514.94	-	-	-	-	-	\$466.9
5%	5%	-	-	\$34.65	\$11.84	\$1,446.6	\$494.50	-	-	\$22.81	\$8.19	-	-
5%	5%	-	-	\$34.99	\$11.39	\$1,458.5	\$474.85	-	-	\$23.03	\$7.87	-	-
5%	5%	-	-	\$35.33	\$10.95	\$1,470.5	\$455.94	-	-	\$23.26	\$7.57	-	-
5%	5%	-	-	\$35.67	\$10.53	\$1,482.4	\$437.78	\$1,698.95	\$501.62	\$28.48	\$7.28	-	-
5%	5%	\$4,713.3	\$339.44	-	-	\$18,453.90	-	\$3,098.81	\$52,617.2	\$372.87	\$26.17	\$7.13	\$2,350.25
5%	5%	-	-	-	-	-	-	\$5,869	\$5,877.2	-	-	\$564.4	\$166.67
5%	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1,019.4	\$1,019.4

Tabel 5.16 Present Value Blower

NO	Peralatan	Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Fan	\$4,713.30	\$339.44	\$18,453.90	\$3,098.81	\$526.90	\$26,078.55
2	Electric Motor	\$5,977.20	\$239.14	\$0.00	\$2,360.25	\$1,019.40	\$7,557.19
Jumlah		\$10,690.5	\$578.6	\$18,453.9	\$5,459.1	\$1,546.3	\$33,635.7

Tabel 5.17 Present Value total Blower

Jumlah Blower	Biaya Total	Biaya Total 4 unit blower
4	\$33,635.74	\$134,542.96

Tabel 5.18 Present Value total 4 unit Blower

		Kompresor (umur 10 Tahun)										Electric Motor (umur 10 Tahun)										
alatan	Discount rate	Investasi	PV investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	
		ahun																				
	0	5%	\$5,000.00	\$5,000.00	\$0	\$0	-	-	-	-	-	\$3,333.33	\$3,333.33	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	
	1	5%	-	-	\$50.00	\$47.62	-	-	-	-	-	-	-	\$33.33	\$31.75	\$31,080.2	\$29,600.18	-	-	-	-	
	2	5%	-	-	\$50.50	\$45.80	-	-	-	-	-	-	-	\$33.66	\$30.53	\$31,391.0	\$28,472.56	-	-	-	-	
	3	5%	-	-	\$51.00	\$44.06	-	-	-	-	-	-	-	\$34.00	\$29.37	\$31,701.8	\$27,385.21	-	-	-	-	
	4	5%	-	-	\$51.50	\$42.37	-	-	\$7,500.6	\$1,958.82	-	-	-	-	\$34.33	\$28.24	\$32,012.6	\$26,336.85	-	-	-	-
	5	5%	-	-	\$52.00	\$40.74	-	-	-	-	-	-	-	\$34.66	\$27.16	\$32,323.4	\$25,328.24	\$1,806.67	\$1,305.88	-	-	
	6	5%	-	-	\$52.50	\$39.18	-	-	-	-	-	-	-	\$35.00	\$26.11	\$32,634.2	\$24,252.15	-	-	-	-	
	7	5%	-	-	\$53.00	\$37.67	-	-	-	-	-	-	-	\$35.33	\$25.11	\$32,945.0	\$23,413.40	-	-	-	-	
	8	5%	-	-	\$53.50	\$36.21	-	-	-	-	-	-	-	\$35.66	\$24.14	\$33,255.8	\$22,508.84	-	-	-	-	
	9	5%	-	-	\$54.00	\$34.81	-	-	-	-	-	-	-	\$36.00	\$23.20	\$33,566.6	\$21,637.34	-	-	-	-	
	10	5%	\$8,719.58	\$4,120.24	\$67.20	\$41.25	-	-	\$1,260.0	\$267.39	\$4,479.7	\$2,750.16	\$44.80	\$27.50	\$33,877.4	\$20,787.80	-	-	\$833.3	\$511.59		
	11	5%	-	-	\$67.87	\$39.68	-	-	-	-	-	-	-	\$45.25	\$26.46	\$34,188.2	\$19,988.14	-	-	-	-	
	12	5%	-	-	\$68.54	\$38.17	-	-	-	-	-	-	-	\$45.70	\$25.45	\$34,499.0	\$19,210.35	-	-	-	-	
	13	5%	-	-	\$69.22	\$36.71	-	-	-	-	-	-	-	\$46.14	\$24.47	\$34,809.8	\$18,460.39	-	-	-	-	
	14	5%	-	-	\$69.89	\$35.30	-	-	\$3,359.8	\$1,696.92	-	-	-	-	\$46.59	\$23.53	\$35,120.6	\$17,738.30	-	-	-	-
	15	5%	-	-	\$70.56	\$33.94	-	-	-	-	-	-	-	\$47.04	\$22.63	\$35,431.4	\$17,043.12	\$2,239.86	\$1,077.41	-	-	
	16	5%	-	-	\$71.23	\$32.63	-	-	-	-	-	-	-	\$47.49	\$21.75	\$35,742.2	\$16,373.93	-	-	-	-	
	17	5%	-	-	\$71.90	\$31.37	-	-	-	-	-	-	-	\$47.94	\$20.91	\$36,053.0	\$15,729.82	-	-	-	-	
	18	5%	-	-	\$72.58	\$30.16	-	-	-	-	-	-	-	\$48.38	\$20.10	\$36,363.8	\$15,109.92	-	-	-	-	
	19	5%	-	-	\$73.25	\$28.99	-	-	-	-	-	-	-	\$48.83	\$19.32	\$36,674.6	\$14,513.40	-	-	-	-	
	20	5%	\$9,030.56	\$3,403.52	\$60.31	\$34.04	-	-	-	\$1,679.9	\$633.13	\$6,020.4	\$2,269.01	\$60.20	\$22.69	\$36,985.4	\$13,939.42	-	-	\$1,119.9	\$422.09	
	21	5%	-	-	\$61.21	\$32.74	-	-	-	-	-	-	-	\$60.60	\$21.82	\$37,290.2	\$13,387.20	-	-	-	-	
	22	5%	-	-	\$62.12	\$31.49	-	-	-	-	-	-	-	\$61.40	\$20.99	\$37,607.0	\$12,655.90	-	-	-	-	
	23	5%	-	-	\$63.02	\$30.26	-	-	-	-	-	-	-	\$62.01	\$20.19	\$37,917.8	\$12,344.96	-	-	-	-	
	24	5%	-	-	\$63.92	\$29.12	-	-	-	-	-	-	-	\$62.61	\$19.41	\$38,226.6	\$11,853.46	-	-	-	-	
	25	5%	-	-	\$64.83	\$28.00	-	-	\$4,515.28	\$1,333.37	-	-	-	-	\$63.21	\$18.67	\$33,050.9	\$9,700.01	\$3,010.18	\$888.92	-	-
total					\$12,528.8	\$902.33				\$4,989.11	\$1,400.5			\$8,352.5	\$601.52			\$478,140.0	\$3,272.20			

Tabel 5.19 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 5 %

		Chilled Water Pump Motor (umur 10 Tahun)										Sea Water Pump (umur 10 Tahun)									
alatan	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa
0	5%	\$1,632.0	\$1,632.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	\$1,536.0	\$1,536.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-
1	5%	-	-	\$16.32	\$15.54	\$3,531.8	\$3,363.86	-	-	-	-	\$16.36	\$14.63	\$2,119.1	\$2,018.19	-	-	-	-	-	-
2	5%	-	-	\$16.48	\$14.95	\$3,587.1	\$3,235.48	-	-	-	-	\$16.51	\$14.07	\$2,140.3	\$1,941.31	-	-	-	-	-	-
3	5%	-	-	\$16.65	\$14.36	\$3,602.4	\$3,111.92	-	-	-	-	\$15.67	\$13.53	\$2,161.5	\$1,867.17	-	-	-	-	-	-
4	5%	-	-	\$16.81	\$13.83	\$3,637.8	\$2,962.79	\$616.0	\$671.33	-	-	\$15.82	\$13.02	\$2,182.7	\$1,795.69	\$768.00	\$631.84	-	-	-	-
5	5%	-	-	\$16.97	\$13.30	\$3,673.1	\$2,877.85	-	-	-	-	\$15.97	\$12.52	\$2,203.9	\$1,726.79	-	-	-	-	-	-
6	5%	-	-	\$17.14	\$12.79	\$3,708.4	\$2,767.20	-	-	-	-	\$16.13	\$12.03	\$2,225.1	\$1,660.37	-	-	-	-	-	-
7	5%	-	-	\$17.30	\$12.29	\$3,743.7	\$2,660.58	-	-	-	-	\$16.28	\$11.57	\$2,246.2	\$1,596.37	-	-	-	-	-	-
8	5%	-	-	\$17.46	\$11.82	\$3,779.0	\$2,557.78	-	-	-	-	\$16.44	\$11.12	\$2,267.4	\$1,534.89	-	-	-	-	-	-
9	5%	-	-	\$17.63	\$11.36	\$3,814.3	\$2,456.76	-	-	-	-	\$16.59	\$10.69	\$2,288.6	\$1,475.27	-	-	-	-	-	-
10	5%	\$2,193.27	\$1,346.48	\$11.55	\$7.09	\$3,849.7	\$2,363.36	-	-	\$406.0	\$250.48	\$2,064.3	\$1,267.27	\$20.64	\$12.67	\$2,309.8	\$1,118.03	-	-	\$384.0	\$235.74
11	5%	-	-	\$11.67	\$6.82	\$3,855.0	\$2,271.47	-	-	-	-	\$20.65	\$12.19	\$2,331.0	\$1,362.89	-	-	-	-	-	-
12	5%	-	-	\$11.78	\$6.56	\$3,892.3	\$2,182.87	-	-	-	-	\$21.05	\$11.72	\$2,352.2	\$1,309.79	-	-	-	-	-	-
13	5%	-	-	\$11.90	\$6.31	\$3,935.6	\$2,097.75	-	-	-	-	\$21.26	\$11.27	\$2,373.4	\$1,258.66	-	-	-	-	-	-
14	5%	-	-	\$12.01	\$6.07	\$3,990.9	\$2,015.69	\$1,096.6	\$553.88	-	-	\$21.47	\$10.84	\$2,394.6	\$1,209.43	\$1,032.13	\$521.29	-	-	-	-
15	5%	-	-	\$12.13	\$5.83	\$4,026.3	\$1,936.79	-	-	-	-	\$21.67	\$10.42	\$2,415.8	\$1,162.03	-	-	-	-	-	-
16	5%	-	-	\$12.24	\$5.61	\$4,061.6	\$1,860.85	-	-	-	-	\$21.88	\$10.02	\$2,437.0	\$1,118.40	-	-	-	-	-	-
17	5%	-	-	\$12.36	\$5.39	\$4,096.9	\$1,787.48	-	-	-	-	\$22.08	\$9.64	\$2,458.2	\$1,072.49	-	-	-	-	-	-
18	5%	-	-	\$12.47	\$5.18	\$4,132.3	\$1,717.02	-	-	-	-	\$22.29	\$9.26	\$2,479.3	\$1,030.22	-	-	-	-	-	-
19	5%	-	-	\$12.59	\$4.98	\$4,167.5	\$1,649.23	-	-	-	-	\$22.50	\$8.90	\$2,500.5	\$989.55	-	-	-	-	-	-
20	5%	\$2,947.57	\$1,110.91	\$8.57	\$3.23	\$4,202.8	\$1,584.01	-	-	\$548.3	\$206.86	\$2,774.2	\$1,045.56	\$27.74	\$10.46	\$2,521.7	\$900.41	-	-	\$516.1	\$194.50
21	5%	-	-	\$8.66	\$3.11	\$4,238.2	\$1,521.26	-	-	-	-	\$28.02	\$10.06	\$2,542.9	\$912.76	-	-	-	-	-	-
22	5%	-	-	\$8.74	\$2.99	\$4,273.5	\$1,460.89	-	-	-	-	\$28.29	\$9.67	\$2,564.1	\$876.54	-	-	-	-	-	-
23	5%	-	-	\$8.83	\$2.87	\$4,308.8	\$1,402.82	-	-	-	-	\$28.57	\$9.30	\$2,585.3	\$841.70	-	-	-	-	-	-
24	5%	-	-	\$8.91	\$2.76	\$4,344.1	\$1,348.97	-	-	-	-	\$28.85	\$8.95	\$2,606.5	\$808.19	-	-	-	-	-	-
25	5%	-	-	\$9.00	\$2.66	\$4,379.4	\$1,293.26	\$1,473.79	\$435.21	-	-	\$29.13	\$8.60	\$2,627.7	\$776.06	\$1,387.09	\$409.61	-	-	\$1,562.74	\$430.2
mah				\$4,089.4		\$197.73	\$64,617.68			\$1,660.41		\$407.1		\$3,848.8		\$277.17					

Tabel 5.20 Analisis sensitivitas Chilled water pump motor dan sea water pump discount rate 5 %

		Chilled Water Pump (umur 5 Tahun)										Katup Ekspansi (umur 5 Tahun)										
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	
0	5%	\$525.0	\$525.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$92.0	\$92.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	
1	5%	-	-	\$5.25	\$5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.92	\$0.88	-	-	-	-	-	-	
2	5%	-	-	\$5.30	\$4.81	-	-	\$267.5	\$238.10	-	-	-	-	\$0.93	\$0.84	-	-	\$46.0	\$41.72	-	-	
3	5%	-	-	\$5.36	\$4.63	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.94	\$0.81	-	-	-	-	-	-	
4	5%	-	-	\$5.41	\$4.45	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.95	\$0.78	-	-	-	-	-	-	
5	5%	\$608.82	\$373.64	\$6.09	\$4.77	-	-	-	-	\$131.3	\$80.58	\$106.65	\$65.48	\$1.07	\$0.84	-	-	-	-	\$23.0	\$18.02	
6	5%	-	-	\$6.20	\$4.17	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.12	\$0.84	-	-	-	-	-	-	
7	5%	-	-	\$6.34	\$3.93	-	-	\$304.3	\$216.27	-	-	-	-	\$1.13	\$0.81	-	-	\$53.3	\$37.90	-	-	
8	5%	-	-	\$6.43	\$3.70	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.14	\$0.77	-	-	-	-	-	-	
9	5%	-	-	\$6.51	\$3.48	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.16	\$0.74	-	-	-	-	-	-	
10	5%	\$705.56	\$433.15	\$7.06	\$4.33	-	-	-	-	\$152.2	\$80.41	\$123.64	\$75.90	\$1.24	\$0.70	-	-	-	-	-	\$26.7	\$16.37
11	5%	-	-	\$7.48	\$4.38	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.36	\$0.69	-	-	-	-	-	-	
12	5%	-	-	\$7.55	\$4.21	-	-	\$352.8	\$190.44	-	-	-	-	\$1.38	\$0.77	-	-	\$61.8	\$34.42	-	-	
13	5%	-	-	\$7.62	\$4.04	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.39	\$0.74	-	-	-	-	-	-	
14	5%	-	-	\$7.70	\$3.89	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.40	\$0.71	-	-	-	-	-	-	
15	5%	\$817.93	\$393.44	\$8.16	\$3.93	-	-	-	-	\$176.4	\$84.85	\$143.33	\$68.95	\$1.43	\$0.68	-	-	-	-	-	\$30.9	\$14.87
16	5%	-	-	\$8.17	\$3.97	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.64	\$0.75	-	-	-	-	-	-	
17	5%	-	-	\$8.75	\$3.82	-	-	\$262.8	\$179.10	-	-	-	-	\$1.66	\$0.72	-	-	\$61.8	\$26.97	-	-	
18	5%	-	-	\$8.83	\$3.67	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.67	\$0.70	-	-	-	-	-	-	
19	5%	-	-	\$8.92	\$3.53	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.69	\$0.67	-	-	-	-	-	-	
20	5%	\$948.21	\$357.37	\$9.48	\$3.57	-	-	-	-	\$176.4	\$86.48	\$166.16	\$62.62	\$1.66	\$0.63	-	-	-	-	-	\$30.9	\$11.65
21	5%	-	-	\$9.57	\$3.44	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.99	\$0.72	-	-	-	-	-	-	
22	5%	-	-	\$9.67	\$3.31	-	-	\$474.10	\$197.00	-	-	-	-	\$2.01	\$0.69	-	-	\$83.06	\$28.40	-	-	
23	5%	-	-	\$9.76	\$3.18	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.03	\$0.66	-	-	-	-	-	-	
24	5%	-	-	\$9.86	\$3.06	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.04	\$0.63	-	-	-	-	-	-	
25	5%	\$1,099.23	\$324.61	\$10.99	\$3.25	-	-	-	-	\$204.5	\$80.38	\$192.63	\$56.88	\$1.93	\$0.57	-	-	-	-	-	\$35.8	\$10.58
olah				\$2,407.2	\$106.50					\$1,025.96	\$385.7	\$421.9	\$18.50								\$159.42	\$71.5

Tabel 5.21 Analisis sensitivitas Chilled water pump dan Katup ekspansi untuk discount rate 5 %

Tugas Akhir KS 1701

Analisis	Investasi	Kondensor (umur 5 Tahun)						Evaporator (umur 5 Tahun)					
		Investasi	PV	Operasi	PV	Restrukt.	PV	Investasi	PV	Operasi	PV	Restrukt.	PV
0	5%	\$459.0	\$459.0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$459.0	\$459.0	\$0	\$0	\$0	\$0
1	5%	-	\$4.60	\$4.75	-	-	-	-	\$4.60	\$4.75	-	-	-
2	5%	-	\$5.04	\$4.57	-	-	\$2.19	\$720.30	-	\$4.49	\$4.75	-	-
3	5%	-	\$5.19	\$4.40	-	-	-	-	\$5.04	\$4.75	-	-	-
4	5%	-	\$5.14	\$4.21	-	-	-	-	\$5.09	\$4.40	-	-	-
5	5%	\$376.48	\$485.25	\$6.70	\$4.53	-	-	-	\$5.14	\$4.75	-	-	-
6	5%	-	\$5.64	\$4.30	-	-	\$126.0	\$517.74	\$55.12	\$4.78	\$4.53	-	-
7	5%	-	\$5.80	\$4.10	-	-	\$209.7	\$525.46	-	\$5.84	\$4.75	-	-
8	5%	-	\$5.85	\$4.03	-	-	-	-	\$5.90	\$4.19	-	-	-
9	5%	-	\$6.01	\$3.87	-	-	-	-	\$5.95	\$4.00	-	-	-
10	5%	\$670.51	\$4411.70	\$6.71	\$4.12	-	-	\$670.01	\$4411.70	\$6.71	\$4.12	-	-
11	5%	-	\$6.70	\$3.96	-	-	-	-	\$6.76	\$3.96	-	-	-
12	5%	-	\$6.84	\$3.81	-	-	\$395.3	\$410.71	-	\$6.84	\$3.81	-	-
13	5%	-	\$6.91	\$3.67	-	-	-	-	\$6.91	\$3.67	-	-	-
14	5%	-	\$6.98	\$3.52	-	-	-	-	\$6.98	\$3.52	-	-	-
15	5%	\$777.43	\$3373.95	\$7.77	\$3.74	-	-	\$777.43	\$3373.95	\$7.77	\$3.74	-	-
16	5%	-	\$7.85	\$3.60	-	-	-	-	\$7.85	\$3.60	-	-	-
17	5%	-	\$7.93	\$3.46	-	-	\$335.3	\$1146.29	-	\$7.93	\$3.46	-	-
18	5%	-	\$8.00	\$3.33	-	-	-	-	\$8.00	\$3.33	-	-	-
19	5%	-	\$8.08	\$3.20	-	-	-	-	\$8.08	\$3.20	-	-	-
20	5%	\$891.25	\$339.67	\$9.01	\$3.40	-	-	\$891.25	\$339.67	\$9.01	\$3.40	-	-
21	5%	-	\$9.10	\$3.27	-	-	-	-	\$9.10	\$3.27	-	-	-
22	5%	-	\$9.19	\$3.14	-	-	-	-	\$9.19	\$3.14	-	-	-
23	5%	-	\$9.20	\$3.02	-	-	-	-	\$9.20	\$3.02	-	-	-
24	5%	-	\$9.37	\$2.91	-	-	-	-	\$9.37	\$2.91	-	-	-
25	5%	\$1,044.80	\$300.53	\$10.45	\$3.09	\$53.39	\$1,044.80	\$300.53	\$10.45	\$3.09	\$10.44	\$3.09	\$10.91
min			\$1,250.4	\$367.8			\$1,250.4	\$367.8			\$1,250.4	\$367.8	

Tabel 5.22 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 5 %

NO	Peralatan	PV	PV	PV	PV	PV	PV
		Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Kompresor	\$12,528.80	\$902.33	\$0.00	\$4,989.11	\$1,400.50	\$17,019.74
2	Electric Motor	\$8,352.50	\$601.52	\$478,140.00	\$3,272.20	\$933.70	\$489,432.52
3	Chilled Water Pump Motor	\$4,089.40	\$197.73	\$54,517.68	\$1,660.41	\$457.10	\$60,008.12
4	Sea Water Pump	\$3,848.80	\$277.17	\$32,710.90	\$1,562.74	\$430.20	\$37,969.41
5	Chilled Water Pump	\$2,407.20	\$106.50	\$0.00	\$1,025.98	\$385.70	\$3,153.98
6	Katup Ekspansi	\$421.80	\$18.50	\$0.00	\$169.42	\$71.50	\$538.22
7	Kondensor	\$1,250.40	\$94.15	\$0.00	\$918.91	\$387.80	\$1,875.66
8	Evaporator	\$1,250.40	\$94.15	\$0.00	\$918.91	\$387.80	\$1,875.66
Jumlah		\$34,149.3	\$2,292.1	\$565,368.6	\$14,517.7	\$4,454.3	\$611,873.3

Tabel 5.23 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 %

Analisa	Kompressor (umur 10 Tahun)								Electric Motor (umur 10 Tahun)							
	Discount Rate	Investasi	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasional	PV Depresiasi	PV Residual	PV Net Present Value	Investasi	PV	Pv Perawatan	PV Operasional	PV Depresiasi	PV Residual	PV Net Present Value	FV Net Present Value
0	6%	\$5,000.00	\$5,000.00	\$0	\$0	\$0	\$0	\$5,000.00	\$5,333.33	\$3,333.33	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	
1	6%	-	-	\$47.17	-	-	-	\$47.17	\$31.45	\$31.45	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	
2	5%	-	-	\$50.00	\$44.94	-	-	\$50.00	\$31.06	\$29.96	\$31.39	\$0	\$27,831.88	-	-	
3	6%	-	-	\$51.60	\$42.82	-	-	\$51.60	\$34.00	\$28.54	\$26.81	\$0	\$26.81	-	-	
4	6%	-	-	\$51.50	\$42.79	\$27,900.00	\$1,868.15	\$51.50	\$34.33	\$27.19	\$27,012.6	\$25,356.98	-	-	-	
5	6%	-	-	\$52.00	\$38.86	-	-	\$52.00	\$34.66	\$25.98	\$31.323.4	\$24,153.93	\$1,686.67	\$1,686.67	\$1,686.67	
6	6%	-	-	\$52.50	\$37.01	-	-	\$52.50	\$35.00	\$24.67	\$32.634.2	\$23,005.63	-	-	-	
7	6%	-	-	\$53.00	\$35.25	-	-	\$53.00	\$35.33	\$23.50	\$32.50	\$32.50	\$32.50	\$32.50	\$32.50	
8	6%	-	-	\$53.50	\$33.57	-	-	\$53.50	\$35.67	\$22.38	\$33.25	\$33.25	\$33.25	\$33.25	\$33.25	
9	6%	-	-	\$54.00	\$31.96	-	-	\$54.00	\$36.00	\$21.39	\$33.50	\$33.50	\$33.50	\$33.50	\$33.50	
10	6%	\$6,719.48	\$31,762.18	\$67.20	\$37.52	\$1,100.00	\$1,087.90	\$54,419.7	\$32,501.45	\$44.00	\$25.01	\$33.077.4	\$18,016.97	-	-	
11	6%	-	-	\$67.67	\$35.75	-	-	\$67.67	\$45.26	\$23.64	\$34,186.2	\$16,000.93	-	-	-	
12	6%	-	-	\$68.54	\$34.06	-	-	\$68.54	\$45.70	\$22.71	\$34,409.0	\$17,844.96	-	-	-	
13	6%	-	-	\$69.72	\$32.46	-	-	\$69.72	\$46.13	\$21.63	\$34,409.0	\$16,320.20	-	-	-	
14	6%	-	-	\$69.89	\$30.91	-	-	\$69.89	\$46.50	\$20.61	\$35,120.6	\$19,533.89	-	-	-	
15	6%	-	-	\$70.56	\$29.44	-	-	\$70.56	\$47.04	\$19.63	\$35,431.4	\$14,784.20	\$2,239.86	\$9,944.61	\$9,944.61	
16	6%	-	-	\$71.23	\$28.04	-	-	\$71.23	\$47.40	\$18.69	\$35,742.2	\$14,069.80	-	-	-	
17	6%	-	-	\$71.90	\$26.70	-	-	\$71.90	\$47.94	\$17.60	\$36,053.0	\$13,368.81	-	-	-	
18	6%	-	-	\$72.58	\$25.43	-	-	\$72.58	\$48.50	\$16.56	\$36,361.6	\$12,739.84	-	-	-	
19	6%	-	-	\$73.25	\$24.21	-	-	\$73.25	\$49.03	\$15.54	\$36,674.6	\$12,121.84	-	-	-	
20	6%	\$9,030.56	\$2,816.77	\$89.31	\$23.16	\$1,052.05	\$1,052.05	\$56,020.4	\$1,817.18	\$60.20	\$16.77	\$36,985.4	\$11,532.23	\$1,199.90	\$1,199.90	
21	6%	-	-	\$91.21	\$22.83	-	-	\$91.21	\$60.80	\$17.83	\$37,296.2	\$10,910.69	-	-	-	
22	6%	-	-	\$92.12	\$21.56	-	-	\$92.12	\$61.40	\$17.04	\$37,607.0	\$10,430.15	-	-	-	
23	6%	-	-	\$93.02	\$20.25	-	-	\$93.02	\$62.01	\$16.23	\$37,917.8	\$9,926.79	-	-	-	
24	6%	-	-	\$93.92	\$23.20	-	-	\$93.92	\$62.61	\$15.46	\$38,228.6	\$9,441.66	-	-	-	
25	6%	-	-	\$94.83	\$22.09	\$4,515.26	\$1,052.05	\$94.83	\$63.21	\$14.73	\$38,539.9	\$8,959.18	\$701.37	\$2,881.41	\$2,881.41	
math				\$11,667.9	\$807.59			\$11,667.9	\$4,406.24			\$559.03			\$559.03	\$559.03

Tabel 5.24 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 6 %

Tahun	Discount rate	Chilled Water Pump Motor (umur 10 Tahun)								Sea Water Pump (umur 10 Tahun)									
		Investasi PV Investasi	Perawatan PV Perawatan	Operasi PV Operasi	Reparasi PV Reparasi	Pihak ketiga PV Pihak ketiga	Investasi PV Investasi	Perawatan PV Perawatan	Operasi PV Operasi	Reparasi PV Reparasi	Pihak ketiga PV Pihak ketiga								
0	5%	\$1,632.0	\$1,632.0	\$0	\$0	\$0	\$1,536.0	\$1,536.0	\$0	\$0	\$0								
1	6%	-	\$16.32	\$15.40	\$3,531.8	\$3,331.92	-	-	\$16.36	\$14.49	\$2,119.1	\$1,998.15	-	-	-	-			
2	6%	-	\$16.48	\$14.67	\$3,567.1	\$3,174.72	-	-	\$16.51	\$13.81	\$2,140.3	\$1,904.65	-	-	-	-			
3	6%	-	\$16.65	\$13.98	\$3,602.4	\$3,024.67	-	-	\$16.67	\$13.15	\$2,161.5	\$1,814.82	-	-	-	-			
4	6%	-	\$16.81	\$13.31	\$3,637.8	\$2,881.44	\$416.0	\$46.35	\$16.82	\$12.53	\$2,182.7	\$1,726.86	\$766.00	\$608.33	-	-			
5	6%	-	\$16.97	\$12.68	\$3,673.1	\$2,744.73	-	-	\$16.97	\$11.84	\$2,203.9	\$1,646.86	-	-	-	-			
6	6%	-	\$17.14	\$12.08	\$3,708.4	\$2,614.27	-	-	\$18.13	\$11.37	\$2,225.1	\$1,568.58	-	-	-	-			
7	6%	-	\$17.30	\$11.50	\$3,743.7	\$2,489.78	-	-	\$18.28	\$10.83	\$2,246.2	\$1,493.68	-	-	-	-			
8	6%	-	\$17.46	\$10.96	\$3,779.0	\$2,371.01	-	-	\$18.44	\$10.31	\$2,267.4	\$1,422.62	-	-	-	-			
9	6%	-	\$17.63	\$10.43	\$3,814.3	\$2,257.70	-	-	\$18.60	\$9.82	\$2,289.6	\$1,354.64	-	-	-	-			
10	6%	\$2,193.27	\$1,224.71	\$11.55	\$5.45	\$3,849.7	\$2,149.63	-	-	\$19.67	\$9.32	\$2,309.8	\$1,289.79	-	-	\$364.0	\$214.42		
11	6%	-	\$11.67	\$6.15	\$3,885.0	\$2,046.56	-	-	\$20.65	\$8.98	\$2,331.0	\$1,227.95	-	-	-	-			
12	6%	-	\$11.78	\$5.85	\$3,920.3	\$1,948.27	-	-	\$21.06	\$8.46	\$2,352.2	\$1,168.97	-	-	-	-			
13	6%	-	\$11.90	\$5.58	\$3,955.6	\$1,854.95	-	-	\$21.26	\$8.97	\$2,373.4	\$1,112.74	-	-	-	-			
14	6%	-	\$12.01	\$5.31	\$3,990.9	\$1,765.19	\$1,095.6	\$485.04	-	\$21.47	\$9.49	\$2,394.6	\$1,059.13	\$1,002.13	\$456.51	-	-		
15	6%	-	\$12.13	\$5.06	\$4,026.3	\$1,680.01	-	-	\$21.67	\$9.04	\$2,415.8	\$1,008.02	-	-	-	-			
16	6%	-	\$12.24	\$4.82	\$4,061.8	\$1,596.82	-	-	\$21.88	\$8.61	\$2,437.0	\$959.30	-	-	-	-			
17	6%	-	\$12.36	\$4.59	\$4,096.9	\$1,512.44	-	-	\$22.08	\$8.20	\$2,458.2	\$912.87	-	-	-	-			
18	6%	-	\$12.47	\$4.37	\$4,132.2	\$1,447.69	-	-	\$22.29	\$7.81	\$2,479.3	\$868.62	-	-	-	-			
19	6%	-	\$12.59	\$4.16	\$4,167.5	\$1,377.42	-	-	\$22.50	\$7.44	\$2,500.5	\$826.46	-	-	-	-			
20	6%	\$2,947.97	\$919.07	\$8.57	\$2.67	\$4,202.6	\$1,310.47	-	\$548.1	\$170.97	\$2,774.2	\$805.00	\$27.74	\$8.05	\$2,521.7	\$786.29	-	\$316.1	\$160.91
21	5%	-	\$8.66	\$2.55	\$4,238.2	\$1,246.68	-	-	-	\$28.02	\$8.24	\$2,542.9	\$748.01	-	-	-	-		
22	6%	-	\$8.74	\$2.43	\$4,273.5	\$1,185.01	-	-	-	\$28.29	\$7.85	\$2,564.1	\$711.55	-	-	-	-		
23	6%	-	\$8.83	\$2.31	\$4,308.8	\$1,128.03	-	-	-	\$28.57	\$7.48	\$2,585.3	\$676.82	-	-	-	-		
24	6%	-	\$8.91	\$2.20	\$4,344.1	\$1,072.90	-	-	-	\$28.85	\$7.13	\$2,608.5	\$643.75	-	-	-	-		
25	6%	-	\$9.00	\$2.10	\$4,379.4	\$1,020.40	\$1,473.79	\$343.39	-	-	\$29.13	\$6.79	\$2,627.7	\$612.25	\$1,387.09	\$323.19	-	-	
Total		\$3,775.8	\$181.61	\$40,244.24	\$11,474.78	\$3,008.0	\$3,553.7			\$247.92		\$29,546.8	\$1,388.03			\$375.3			

Tabel 5.25 Analisis sensitivitas Chilled water pump motor dan sea water pump discount rate 6 %

		Chilled Water Pump (umur 5 Tahun)										Katup Ekspansi (umur 5 Tahun)									
ataan	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa
0	6%	\$525.0	\$525.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$92.0	\$92.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-
1	6%	-	-	\$5.25	\$4.95	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.92	\$0.87	-	-	-	-	-	-
2	6%	-	-	\$5.30	\$4.72	-	-	\$262.5	\$233.62	-	-	-	-	\$0.93	\$0.83	-	-	\$46.0	\$40.94	-	-
3	6%	-	-	\$5.36	\$4.56	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.94	\$0.79	-	-	-	-	-	-
4	6%	-	-	\$5.41	\$4.39	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.95	\$0.75	-	-	-	-	-	-
5	6%	\$508.62	\$339.85	\$0.09	\$4.56	-	-	-	-	\$131.9	\$73.20	\$106.65	\$59.55	\$1.07	\$0.80	-	-	-	-	\$23.0	\$17.19
6	6%	-	-	\$8.26	\$5.82	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.12	\$0.79	-	-	\$53.3	\$35.47	-	-
7	6%	-	-	\$8.34	\$5.55	-	-	\$304.3	\$202.38	-	-	-	-	\$1.13	\$0.75	-	-	-	-	-	-
8	6%	-	-	\$8.43	\$5.29	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.14	\$0.72	-	-	-	-	-	-
9	6%	-	-	\$8.51	\$5.04	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.16	\$0.68	-	-	-	-	-	-
10	6%	\$705.56	\$393.98	\$7.06	\$3.84	-	-	-	-	\$152.2	\$64.96	\$123.64	\$69.04	\$1.24	\$0.69	-	-	-	-	\$26.7	\$14.89
11	6%	-	-	\$7.48	\$3.84	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.36	\$0.72	-	-	-	-	-	-
12	6%	-	-	\$7.65	\$3.75	-	-	\$352.8	\$175.32	-	-	-	-	\$1.38	\$0.68	-	-	\$61.8	\$20.72	-	-
13	6%	-	-	\$7.62	\$3.57	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.39	\$0.65	-	-	-	-	-	-
14	6%	-	-	\$7.70	\$3.40	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.40	\$0.62	-	-	-	-	-	-
15	6%	\$617.93	\$341.29	\$8.16	\$3.41	-	-	-	-	\$176.4	\$73.60	\$143.23	\$59.81	\$1.43	\$0.60	-	-	-	-	\$30.9	\$12.90
16	6%	-	-	\$8.67	\$3.43	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.64	\$0.65	-	-	-	-	-	-
17	6%	-	-	\$8.75	\$3.25	-	-	\$352.8	\$156.03	-	-	-	-	\$1.66	\$0.62	-	-	\$61.8	\$22.90	-	-
18	6%	-	-	\$8.83	\$3.10	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.67	\$0.59	-	-	-	-	-	-
19	6%	-	-	\$8.92	\$2.95	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.69	\$0.56	-	-	-	-	-	-
20	6%	\$948.21	\$295.66	\$9.46	\$2.96	-	-	-	-	\$176.4	\$55.00	\$166.16	\$51.81	\$1.66	\$0.52	-	-	-	-	\$30.9	\$9.84
21	6%	-	-	\$9.57	\$2.82	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.99	\$0.59	-	-	-	-	-	-
22	6%	-	-	\$9.67	\$2.68	-	-	\$474.10	\$166.10	-	-	-	-	\$2.01	\$0.56	-	-	\$63.08	\$23.06	-	-
23	6%	-	-	\$9.76	\$2.66	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.03	\$0.53	-	-	-	-	-	-
24	6%	-	-	\$9.86	\$2.44	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.04	\$0.50	-	-	-	-	-	-
25	6%	\$1,099.23	\$256.12	\$10.90	\$2.56	-	-	-	-	\$204.5	\$47.64	\$192.63	\$44.08	\$1.93	\$0.45	-	-	-	-	\$35.8	\$8.35
nilah				\$2,151.9	\$96.44					\$933.40	\$334.5	\$377.1	\$16.49							\$153.14	\$63.0

Tabel 5.26 Analisis sensitivitas Chilled water pump dan Katup ekspansi untuk discount rate 6 %

Tugas Akhir KS 1701

		Kondensor (umur 5 Tahun)										Evaporator (umur 5 Tahun)											
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai Sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa		
0	6%	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-		
1	6%	-	-	\$4.99	\$4.71	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-		
2	6%	-	-	\$5.24	\$4.49	-	-	\$249.5	\$222.05	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-		
3	6%	-	-	\$5.09	\$4.27	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-		
4	6%	-	-	\$5.14	\$4.07	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-		
5	6%	\$578.48	\$432.27	\$5.78	\$4.32	-	-	-	-	\$124.8	\$93.27	\$578.48	\$432.27	\$5.78	\$4.32	-	-	-	-	-	\$124.8	\$93.27	
6	6%	-	-	\$5.84	\$4.12	-	-	-	-	\$124.8	\$93.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$124.8	\$93.27	
7	6%	-	-	\$5.90	\$4.02	-	-	\$269.2	\$192.36	-	-	-	-	\$5.84	\$4.12	-	-	-	-	-	-		
8	6%	-	-	\$5.95	\$3.94	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.90	\$3.92	-	-	\$269.2	\$192.36	-	-		
9	6%	-	-	\$6.01	\$3.86	-	-	-	-	-	-	-	-	\$5.95	\$3.74	-	-	-	-	-	-		
10	6%	\$670.61	\$374.47	\$6.71	\$3.74	-	-	\$167.7	\$69.96	\$670.61	\$374.47	\$6.71	\$3.74	-	-	-	-	-	-	-	\$314.6	\$80.75	
11	6%	-	-	\$6.78	\$3.67	-	-	-	-	\$167.7	\$69.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$314.6	\$80.75	
12	6%	-	-	\$6.84	\$3.60	-	-	\$335.3	\$106.64	-	-	-	-	\$6.78	\$3.57	-	-	-	-	-	-		
13	6%	-	-	\$6.91	\$3.54	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.84	\$3.40	-	-	\$335.3	\$106.64	-	-		
14	6%	-	-	\$6.98	\$3.09	-	-	-	-	-	-	-	-	\$6.91	\$3.24	-	-	-	-	-	-		
15	6%	\$777.43	\$324.39	\$7.77	\$3.24	-	-	\$167.7	\$69.96	\$777.43	\$324.39	\$7.77	\$3.24	-	-	-	-	-	-	-	\$3167.7	\$69.96	
16	6%	-	-	\$7.85	\$3.09	-	-	-	-	\$167.7	\$69.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$3167.7	\$69.96	
17	6%	-	-	\$7.93	\$2.94	-	-	\$335.3	\$124.52	-	-	-	-	\$7.85	\$3.09	-	-	-	-	-	-		
18	6%	-	-	\$8.00	\$2.80	-	-	-	-	-	-	-	-	\$7.93	\$2.94	-	-	\$335.3	\$124.52	-	-		
19	6%	-	-	\$8.08	\$2.67	-	-	-	-	-	-	-	-	\$8.00	\$2.80	-	-	-	-	-	-		
20	6%	\$901.25	\$281.01	\$9.01	\$2.81	-	-	-	-	-	-	-	-	\$8.08	\$2.67	-	-	-	-	-	-		
21	6%	-	-	\$9.10	\$2.68	-	-	-	-	\$167.7	\$52.28	\$901.25	\$281.01	\$9.01	\$2.81	-	-	-	-	-	-	\$3167.7	\$52.28
22	6%	-	-	\$9.19	\$2.55	-	-	\$450.62	\$125.05	-	-	-	-	\$9.10	\$2.68	-	-	-	-	-	-		
23	6%	-	-	\$9.26	\$2.43	-	-	-	-	-	-	-	-	\$9.19	\$2.55	-	-	\$450.62	\$125.05	-	-		
24	6%	-	-	\$9.37	\$2.31	-	-	-	-	-	-	-	-	\$9.26	\$2.43	-	-	-	-	-	-		
25	6%	\$1.044.80	\$243.44	\$10.45	\$2.43	-	-	-	-	\$194.4	\$45.28	\$1.044.80	\$243.44	\$10.45	\$2.43	-	-	-	-	-	-	\$194.4	\$45.28
total				\$1.154.5	\$84.20	-	-	\$830.62	\$341.5			\$1.154.5	\$84.20	-	-	-	-	-	-	-	\$830.62	\$341.5	

Tabel 5.27 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 6 %

NO	Peralatan	PV	PV	PV	PV	PV	PV
		Investasi	Perawatan	Operasi	Reparasi	Nilai sisa	Biaya Total
1	Kompresor	\$11,567.90	\$807.09	\$0.00	\$4,406.24	\$1,221.80	\$15,559.43
2	Electric Motor	\$7,712.00	\$538.03	\$432,075.10	\$2,881.41	\$814.50	\$442,392.04
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,375.80	\$181.61	\$49,244.24	\$1,474.78	\$398.80	\$53,877.63
4	Sea Water Pump	\$3,553.70	\$247.92	\$29,546.80	\$1,388.03	\$375.30	\$34,361.15
5	Chilled Water Pump	\$2,151.90	\$95.44	\$0.00	\$933.46	\$334.50	\$2,846.30
6	Katup Ekspansi	\$377.10	\$16.49	\$0.00	\$153.14	\$63.00	\$483.73
7	Kondensor	\$1,154.50	\$84.20	\$0.00	\$830.62	\$341.50	\$1,727.82
8	Evaporator	\$1,154.50	\$84.20	\$0.00	\$830.62	\$341.50	\$1,727.82
Jumlah		\$31,047.4	\$2,055.0	\$510,866.1	\$12,898.3	\$3,890.9	\$552,975.9

Tabel 5.28 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 %

		Kompresor (umur 10 Tahun)										Electric Motor (umur 10 Tahun)										
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Pemeliharaan	PV Pemeliharaan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Pemeliharaan	PV Pemeliharaan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	
0	7%	\$5,000.00	\$5,000.00	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$3,333.33	\$3,333.33	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	
1	7%	-	-	\$50.00	\$46.73	-	-	-	-	-	-	-	-	\$33.33	\$31.15	\$31,080.2	\$29,046.91	-	-	-	-	
2	7%	-	-	\$50.50	\$44.11	-	-	-	-	-	-	-	-	\$33.66	\$28.40	\$31,391.0	\$27,418.12	-	-	-	-	
3	7%	-	-	\$51.00	\$41.63	-	-	-	-	-	-	-	-	\$34.00	\$27.75	\$31,701.8	\$25,878.12	-	-	-	-	
4	7%	-	-	\$51.50	\$39.29	-	-	\$2,500.00	\$1,782.47	-	-	-	-	\$34.33	\$26.19	\$32,012.6	\$24,422.26	-	-	-	-	
5	7%	-	-	\$52.00	\$37.08	-	-	-	-	-	-	-	-	\$34.66	\$24.71	\$32,323.4	\$23,046.14	\$1,666.67	\$1,168.31	-	-	
6	7%	-	-	\$52.50	\$34.98	-	-	-	-	-	-	-	-	\$35.00	\$23.32	\$32,634.2	\$21,745.55	-	-	-	-	
7	7%	-	-	\$53.00	\$33.01	-	-	-	-	-	-	-	-	\$35.33	\$22.00	\$32,945.0	\$20,516.50	-	-	-	-	
8	7%	-	-	\$53.50	\$31.14	-	-	-	-	-	-	-	-	\$35.66	\$20.76	\$33,255.8	\$19,355.19	-	-	-	-	
9	7%	-	-	\$54.00	\$29.37	-	-	-	-	-	-	-	-	\$36.00	\$19.58	\$33,566.6	\$18,258.02	-	-	-	-	
10	7%	\$6,719.58	\$3,415.89	\$67.20	\$34.16	-	-	\$1,250.00	\$835.44	\$4,479.7	\$2,777.26	\$44.80	\$22.77	\$33,877.4	\$17,221.56	-	-	\$833.3	\$423.62	-	-	
11	7%	-	-	\$67.87	\$32.25	-	-	-	-	-	-	-	-	\$45.25	\$21.50	\$34,188.2	\$16,242.56	-	-	-	-	
12	7%	-	-	\$68.54	\$30.43	-	-	-	-	-	-	-	-	\$45.70	\$20.29	\$34,499.0	\$15,317.98	-	-	-	-	
13	7%	-	-	\$69.22	\$28.72	-	-	-	-	-	-	-	-	\$46.14	\$19.15	\$34,809.8	\$14,444.84	-	-	-	-	
14	7%	-	-	\$69.80	\$27.10	-	-	\$3,359.8	\$1,302.98	-	-	-	-	\$46.59	\$18.07	\$35,120.6	\$13,620.36	-	-	-	-	
15	7%	-	-	\$70.56	\$25.57	-	-	-	-	-	-	-	-	\$47.04	\$17.05	\$35,431.4	\$12,841.98	\$2,239.85	\$811.83	-	-	
16	7%	-	-	\$71.23	\$24.13	-	-	-	-	-	-	-	-	\$47.49	\$16.09	\$35,742.2	\$12,107.13	-	-	-	-	
17	7%	-	-	\$71.90	\$22.78	-	-	-	-	-	-	-	-	\$47.94	\$15.16	\$36,053.0	\$11,413.47	-	-	-	-	
18	7%	-	-	\$72.56	\$21.47	-	-	-	-	-	-	-	-	\$48.36	\$14.32	\$36,363.8	\$10,758.75	-	-	-	-	
19	7%	-	-	\$73.25	\$20.25	-	-	-	-	-	-	-	-	\$48.69	\$13.50	\$36,674.6	\$10,140.84	-	-	-	-	
20	7%	\$9,030.56	\$2,333.67	\$90.31	\$23.34	-	-	-	-	\$1,673.9	\$434.12	\$6,020.4	\$1,555.78	\$60.20	\$18.56	\$36,986.4	\$9,557.74	-	-	\$1,119.9	\$289.41	-
21	7%	-	-	\$91.21	\$22.03	-	-	-	-	-	-	-	-	\$60.60	\$14.68	\$37,296.2	\$8,007.53	-	-	-	-	
22	7%	-	-	\$92.12	\$20.79	-	-	-	-	-	-	-	-	\$61.40	\$13.86	\$37,607.0	\$7,488.40	-	-	-	-	
23	7%	-	-	\$93.02	\$19.62	-	-	-	-	-	-	-	-	\$62.01	\$13.06	\$37,917.8	\$7,998.65	-	-	-	-	
24	7%	-	-	\$93.92	\$18.52	-	-	-	-	-	-	-	-	\$62.61	\$12.34	\$38,228.6	\$7,536.65	-	-	-	-	
25	7%	-	-	\$94.83	\$17.47	-	-	\$4,515.28	\$831.94	-	-	-	-	\$63.21	\$11.65	\$33,550.9	\$6,069.58	\$3,010.18	\$564.62	-	-	
miah			\$10,749.6		\$725.9d				\$3,917.39		\$1,060.6		\$7,166.4		\$483.94		\$392,474.9		\$2,554.76		\$713.0	

Tabel 5.29 Analisis sensitivitas Kompresor dan Electric motor untuk discount rate 7 %

Analisis Sensitivitas		Chilled Water Pump Motor (umur 10 Tahun)										Sea Water Pump (umur 10 Tahun)									
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisca	PV Nilai sisca	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisca	PV Nilai sisca
0	7%	\$1,632.0	\$1,632.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	\$1,536.0	\$1,536.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-
1	7%	-	-	\$16.32	\$15.25	\$3,531.6	\$3,300.79	-	-	-	-	-	-	\$15.36	\$14.36	\$2,119.1	\$1,980.47	-	-	-	-
2	7%	-	-	\$16.48	\$14.40	\$3,587.1	\$3,115.66	-	-	-	-	-	-	\$15.51	\$13.55	\$2,140.3	\$1,859.41	-	-	-	-
3	7%	-	-	\$16.65	\$13.59	\$3,602.4	\$2,940.66	-	-	-	-	-	-	\$15.67	\$12.79	\$2,161.5	\$1,704.41	-	-	-	-
4	7%	-	-	\$16.81	\$12.87	\$3,637.8	\$2,775.21	\$818.0	\$622.52	-	-	-	-	\$15.82	\$12.07	\$2,182.7	\$1,685.15	\$768.00	\$585.93	-	-
5	7%	-	-	\$16.97	\$12.10	\$3,673.1	\$2,618.85	-	-	-	-	-	-	\$15.97	\$11.39	\$2,203.9	\$1,571.32	-	-	-	-
6	7%	-	-	\$17.14	\$11.42	\$3,708.4	\$2,471.06	-	-	-	-	-	-	\$16.13	\$10.75	\$2,225.1	\$1,482.65	-	-	-	-
7	7%	-	-	\$17.30	\$10.77	\$3,743.7	\$2,331.39	-	-	-	-	-	-	\$16.26	\$10.14	\$2,246.2	\$1,398.85	-	-	-	-
8	7%	-	-	\$17.46	\$10.16	\$3,779.0	\$2,199.43	-	-	-	-	-	-	\$16.44	\$9.57	\$2,267.4	\$1,315.67	-	-	-	-
9	7%	-	-	\$17.63	\$9.59	\$3,814.3	\$2,074.75	-	-	-	-	-	-	\$16.59	\$9.02	\$2,288.6	\$1,244.88	-	-	-	-
10	7%	\$2,193.27	\$1,114.95	\$11.55	\$5.87	\$3,849.7	\$1,956.97	-	-	\$405.0	\$207.41	\$2,064.3	\$1,049.36	\$20.54	\$10.49	\$2,309.8	\$1,174.19	-	-	\$384.0	\$195.21
11	7%	-	-	\$11.67	\$5.54	\$3,865.0	\$1,845.73	-	-	-	-	-	-	\$20.85	\$8.90	\$2,331.0	\$1,107.45	-	-	-	-
12	7%	-	-	\$11.78	\$5.23	\$3,920.3	\$1,740.66	-	-	-	-	-	-	\$21.05	\$8.35	\$2,352.2	\$1,044.41	-	-	-	-
13	7%	-	-	\$11.90	\$4.94	\$3,955.6	\$1,641.44	-	-	-	-	-	-	\$21.26	\$8.82	\$2,373.4	\$984.87	-	-	-	-
14	7%	-	-	\$12.01	\$4.66	\$3,990.9	\$1,547.75	\$1,006.6	\$425.29	-	-	-	-	\$21.47	\$8.32	\$2,394.6	\$928.66	\$1,032.13	\$470.28	-	-
15	7%	-	-	\$12.13	\$4.40	\$4,026.3	\$1,459.30	-	-	-	-	-	-	\$21.67	\$7.85	\$2,415.8	\$879.69	-	-	-	-
16	7%	-	-	\$12.24	\$4.15	\$4,061.6	\$1,375.79	-	-	-	-	-	-	\$21.88	\$7.41	\$2,437.0	\$825.48	-	-	-	-
17	7%	-	-	\$12.36	\$3.91	\$4,096.9	\$1,296.97	-	-	-	-	-	-	\$22.08	\$6.99	\$2,458.2	\$778.19	-	-	-	-
18	7%	-	-	\$12.47	\$3.69	\$4,132.2	\$1,222.57	-	-	-	-	-	-	\$22.29	\$6.60	\$2,479.3	\$733.55	-	-	-	-
19	7%	-	-	\$12.59	\$3.48	\$4,167.5	\$1,152.36	-	-	-	-	-	-	\$22.50	\$6.22	\$2,500.5	\$691.42	-	-	-	-
20	7%	\$2,947.57	\$761.71	\$8.57	\$2.21	\$4,202.6	\$1,080.09	-	-	\$548.3	\$141.70	\$2,774.2	\$716.90	\$27.74	\$7.17	\$2,521.7	\$651.60	-	-	\$516.1	\$133.36
21	7%	-	-	\$8.66	\$2.09	\$4,236.2	\$1,023.57	-	-	-	-	-	-	\$28.02	\$6.77	\$2,542.9	\$614.15	-	-	-	-
22	7%	-	-	\$8.74	\$1.97	\$4,273.5	\$964.58	-	-	-	-	-	-	\$28.29	\$6.39	\$2,564.1	\$587.75	-	-	-	-
23	7%	-	-	\$8.83	\$1.86	\$4,308.8	\$908.93	-	-	-	-	-	-	\$28.57	\$6.03	\$2,585.3	\$545.38	-	-	-	-
24	7%	-	-	\$8.91	\$1.76	\$4,344.1	\$856.43	-	-	-	-	-	-	\$28.85	\$5.69	\$2,606.5	\$513.06	-	-	-	-
25	7%	-	-	\$9.00	\$1.66	\$4,379.4	\$806.91	\$1,473.79	\$271.54	-	-	-	-	\$29.13	\$5.37	\$2,627.7	\$484.15	\$1,397.09	\$255.57	-	-
total		\$3,508.7	\$167.53	\$44,713.85	\$1,319.36	\$349.1	\$3,302.3			\$223.00				\$26,826.5		\$1,241.75				\$328.6	

Tabel 5.30 Analisis sensitivitas Chilled water pump motor dan sea water pump discount rate 7 %

		Chilled Water Pump (umur 5 Tahun)										Katup Ekspansi (umur 5 Tahun)									
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Raparasi	PV Raparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Raparasi	PV Raparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa
0	7%	\$525.0	\$525.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$92.0	\$92.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-
1	7%	-	-	\$5.25	\$4.91	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.92	\$0.86	-	-	-	-	-	-
2	7%	-	-	\$5.36	\$4.63	-	-	\$262.5	\$229.26	-	-	-	-	\$0.93	\$0.81	-	-	\$46.0	\$40.18	-	-
3	7%	-	-	\$5.36	\$4.37	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.94	\$0.77	-	-	-	-	-	-
4	7%	-	-	\$5.41	\$4.13	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0.95	\$0.72	-	-	-	-	-	-
5	7%	\$605.62	\$309.39	\$6.09	\$4.34	-	-	-	-	\$131.3	\$66.72	\$106.65	\$54.22	\$1.07	\$0.76	-	-	-	-	\$23.0	\$16.40
6	7%	-	-	\$8.26	\$5.51	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.12	\$0.75	-	-	-	-	-	-
7	7%	-	-	\$8.34	\$5.20	-	-	\$364.3	\$189.51	-	-	-	-	\$1.13	\$0.71	-	-	\$53.3	\$33.21	-	-
8	7%	-	-	\$8.43	\$4.90	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.14	\$0.67	-	-	-	-	-	-
9	7%	-	-	\$8.51	\$4.63	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.16	\$0.63	-	-	-	-	-	-
10	7%	\$705.56	\$358.67	\$7.06	\$3.59	-	-	-	-	\$152.2	\$77.35	\$123.64	\$62.85	\$1.24	\$0.63	-	-	-	-	\$26.7	\$13.55
11	7%	-	-	\$7.48	\$3.56	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.36	\$0.65	-	-	-	-	-	-
12	7%	-	-	\$7.55	\$3.35	-	-	\$362.8	\$196.94	-	-	-	-	\$1.38	\$0.61	-	-	\$61.8	\$27.45	-	-
13	7%	-	-	\$7.62	\$3.16	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.39	\$0.58	-	-	-	-	-	-
14	7%	-	-	\$7.70	\$2.98	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.40	\$0.54	-	-	-	-	-	-
15	7%	\$817.93	\$296.46	\$8.18	\$2.96	-	-	-	-	\$176.4	\$63.93	\$143.33	\$51.95	\$1.43	\$0.52	-	-	-	-	\$30.9	\$11.20
16	7%	-	-	\$8.67	\$2.94	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.64	\$0.56	-	-	-	-	-	-
17	7%	-	-	\$8.75	\$2.77	-	-	\$352.6	\$136.81	-	-	-	-	\$1.66	\$0.53	-	-	\$61.8	\$19.57	-	-
18	7%	-	-	\$8.83	\$2.61	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.67	\$0.50	-	-	-	-	-	-
19	7%	-	-	\$8.92	\$2.47	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.69	\$0.47	-	-	-	-	-	-
20	7%	\$948.21	\$245.04	\$9.48	\$2.45	-	-	-	-	\$176.4	\$45.58	\$166.16	\$42.94	\$1.66	\$0.43	-	-	-	-	\$30.0	\$7.99
21	7%	-	-	\$9.57	\$2.31	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1.69	\$0.40	-	-	-	-	-	-
22	7%	-	-	\$9.67	\$2.18	-	-	\$474.10	\$140.27	-	-	-	-	\$2.01	\$0.45	-	-	\$83.08	\$18.75	-	-
23	7%	-	-	\$9.76	\$2.06	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.03	\$0.43	-	-	-	-	-	-
24	7%	-	-	\$9.86	\$1.94	-	-	-	-	-	-	-	-	\$2.04	\$0.40	-	-	-	-	-	-
25	7%	\$1,099.23	\$202.53	\$10.99	\$1.93	-	-	-	-	\$204.5	\$37.68	\$192.63	\$35.49	\$1.93	\$0.35	-	-	-	-	\$35.8	\$6.60
total				\$1,837.1	\$85.98					\$862.51	\$291.3	\$339.5	\$14.79							\$139.16	\$55.7

Tabel 5.31 Analisis sensitivitas Chilled water pump dan Katup ekspansi untuk discount rate 7 %

Analisa		Kondensor (umur 5 Tahun)										Evaporator (umur 5 Tahun)									
Tahun	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa
0	7%	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	\$499.0	\$499.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-
1	7%	-	-	\$4.09	\$4.66	-	-	-	-	-	-	\$4.09	\$4.66	-	-	-	-	-	-	-	-
2	7%	-	-	\$5.04	\$4.40	-	-	\$249.5	\$217.92	-	-	\$5.04	\$4.40	-	-	\$249.5	\$217.92	-	-	-	-
3	7%	-	-	\$5.09	\$4.15	-	-	-	-	-	-	\$5.09	\$4.15	-	-	-	-	-	-	-	-
4	7%	-	-	\$5.14	\$3.92	-	-	-	-	-	-	\$5.14	\$3.92	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7%	\$578.48	\$412.45	\$5.78	\$4.12	-	-	-	-	\$124.8	\$86.95	\$578.48	\$412.45	\$5.78	\$4.12	-	-	-	-	\$124.8	\$86.95
6	7%	-	-	\$5.84	\$3.89	-	-	-	-	-	-	\$5.84	\$3.89	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7%	-	-	\$5.90	\$3.67	-	-	\$289.2	\$180.12	-	-	\$5.90	\$3.67	-	-	\$289.2	\$180.12	-	-	-	-
8	7%	-	-	\$5.95	\$3.46	-	-	-	-	-	-	\$5.95	\$3.46	-	-	-	-	-	-	-	-
9	7%	-	-	\$6.01	\$3.27	-	-	-	-	-	-	\$6.01	\$3.27	-	-	-	-	-	-	-	-
10	7%	\$670.61	\$340.91	\$6.71	\$3.41	-	-	-	-	\$144.6	\$73.52	\$670.61	\$340.91	\$6.71	\$3.41	-	-	-	-	\$144.6	\$73.52
11	7%	-	-	\$6.78	\$3.22	-	-	-	-	-	-	\$6.78	\$3.22	-	-	-	-	-	-	-	-
12	7%	-	-	\$6.84	\$3.04	-	-	\$335.3	\$148.88	-	-	\$6.84	\$3.04	-	-	\$335.3	\$148.88	-	-	-	-
13	7%	-	-	\$6.91	\$2.87	-	-	-	-	-	-	\$6.91	\$2.87	-	-	-	-	-	-	-	-
14	7%	-	-	\$6.98	\$2.71	-	-	-	-	-	-	\$6.98	\$2.71	-	-	-	-	-	-	-	-
15	7%	\$777.43	\$361.77	\$7.77	\$2.62	-	-	-	-	\$167.7	\$80.77	\$777.43	\$361.77	\$7.77	\$2.62	-	-	-	-	\$167.7	\$80.77
16	7%	-	-	\$7.85	\$2.56	-	-	-	-	-	-	\$7.85	\$2.56	-	-	-	-	-	-	-	-
17	7%	-	-	\$7.93	\$2.51	-	-	\$335.3	\$106.15	-	-	\$7.93	\$2.51	-	-	\$335.3	\$106.15	-	-	-	-
18	7%	-	-	\$8.00	\$2.37	-	-	-	-	-	-	\$8.00	\$2.37	-	-	-	-	-	-	-	-
19	7%	-	-	\$8.08	\$2.23	-	-	-	-	-	-	\$8.08	\$2.23	-	-	-	-	-	-	-	-
20	7%	\$901.25	\$232.90	\$9.01	\$2.33	-	-	-	-	\$167.7	\$43.32	\$901.25	\$232.90	\$9.01	\$2.33	-	-	-	-	\$167.7	\$43.32
21	7%	-	-	\$9.10	\$2.20	-	-	-	-	-	-	\$9.10	\$2.20	-	-	-	-	-	-	-	-
22	7%	-	-	\$9.19	\$2.07	-	-	\$450.62	\$101.71	-	-	\$9.19	\$2.07	-	-	\$450.62	\$101.71	-	-	-	-
23	7%	-	-	\$9.28	\$1.96	-	-	-	-	-	-	\$9.28	\$1.96	-	-	-	-	-	-	-	-
24	7%	-	-	\$9.37	\$1.85	-	-	-	-	-	-	\$9.37	\$1.85	-	-	-	-	-	-	-	-
25	7%	\$1,044.80	\$192.50	\$10.45	\$1.93	-	-	-	-	\$194.4	\$35.81	\$1,044.80	\$192.50	\$10.45	\$1.93	-	-	-	-	\$194.4	\$35.81
jumlah				\$1,072.8	\$175.72					\$754.79	\$302.4									\$754.79	\$302.4

Tabel 5.32 Analisis sensitivitas Kondensor dan Evaporator untuk discount rate 7 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Biaya Total
1	Kompresor	\$10,749.60	\$725.96	\$0.00	\$3,917.39	\$1,069.60	\$14,323.35
2	Electric Motor	\$7,166.40	\$483.94	\$392,474.90	\$2,554.76	\$713.00	\$401,967.00
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,508.70	\$167.53	\$44,713.85	\$1,319.36	\$349.10	\$49,360.34
4	Sea Water Pump	\$3,302.30	\$223.00	\$26,828.50	\$1,241.75	\$328.60	\$31,266.95
5	Chilled Water Pump	\$1,937.10	\$85.98	\$0.00	\$852.51	\$291.30	\$2,584.29
6	Katup Ekspansi	\$339.50	\$14.79	\$0.00	\$139.16	\$55.70	\$437.75
7	Kondensor	\$1,072.80	\$75.72	\$0.00	\$754.79	\$302.40	\$1,600.91
8	Evaporator	\$1,072.80	\$75.72	\$0.00	\$754.79	\$302.40	\$1,600.91
Jumlah		\$29,149.2	\$1,852.6	\$464,017.3	\$11,534.5	\$3,412.1	\$503,141.5

Tabel 5.33 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 %

		Electric Motor (umur 10 Tahun)										Fan (umur 5 Tahun)										
Rate	Investasi	PV	Perawatan	PV	Operasi	PV	Reparasi	PV	Reparasi	Nilai sisa	PV	Investasi	PV	Perawatan	PV	Operasi	PV	Reparasi	PV	Reparasi	Nilai sisa	PV
		Investasi	Perawatan	Perawatan	Operasi	Operasi	Reparasi	Reparasi	Nilai sisa	Nilai sisa	Nilai sisa	Investasi	Perawatan	Perawatan	Operasi	Operasi	Reparasi	Reparasi	Nilai sisa	Nilai sisa	Nilai sisa	PV
5%	\$1,881.0	\$1,881.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	\$1,250.0	\$1,250.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$18.81	\$17.91	\$1,195.4	\$1,198.47	-	-	-	-	\$12.50	\$11.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$19.00	\$17.23	\$1,207.5	\$1,095.29	-	-	-	-	\$12.63	\$11.45	-	-	-	-	\$1625.00	\$1666.89	-	-	-	-
5%	-	-	\$19.19	\$16.57	\$1,219.4	\$1,053.37	-	-	-	-	\$12.75	\$11.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$19.37	\$15.94	\$1,231.4	\$1,012.05	\$940.5	\$1,055.82	-	-	\$12.88	\$10.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$19.56	\$15.31	\$1,243.3	\$974.17	-	-	-	-	\$1,449.1	\$1,135.40	\$14.49	\$11.30	-	-	-	-	-	-	\$312.5	\$244.85
5%	-	-	\$19.75	\$14.74	\$1,255.3	\$936.71	-	-	-	-	\$15.21	\$11.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$19.94	\$14.17	\$1,267.2	\$900.60	-	-	-	-	\$15.36	\$10.92	-	-	-	-	\$724.55	\$514.92	-	-	-	-
5%	-	-	\$20.13	\$13.62	\$1,279.2	\$865.80	-	-	-	-	\$16.50	\$10.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$20.31	\$13.10	\$1,291.1	\$832.36	-	-	-	-	\$15.65	\$10.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	\$2,527.91	\$1,551.92	\$25.28	\$15.52	\$1,363.1	\$799.09	-	-	-	-	\$1,680	\$10.31	-	-	-	-	-	-	-	-	\$362.3	\$222.40
5%	-	-	\$25.53	\$14.93	\$1,315.1	\$768.68	-	-	-	-	\$16.97	\$9.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$25.79	\$14.36	\$1,327.0	\$738.93	-	-	-	-	\$17.14	\$9.54	-	-	-	-	\$839.95	\$467.71	-	-	-	-
5%	-	-	\$26.04	\$13.81	\$1,339.0	\$710.08	-	-	-	-	\$17.30	\$9.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$26.29	\$13.28	\$1,350.9	\$682.30	\$1,264.0	\$638.36	-	-	\$17.47	\$8.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$26.54	\$12.77	\$1,362.9	\$655.58	-	-	-	-	\$1,947.5	\$936.75	\$19.47	\$9.37	-	-	-	-	-	-	\$420.0	\$202.01
5%	-	-	\$26.80	\$12.26	\$1,374.8	\$629.82	-	-	-	-	\$20.64	\$9.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$27.05	\$11.80	\$1,386.8	\$605.05	-	-	-	-	\$20.83	\$9.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$27.30	\$11.34	\$1,398.7	\$581.20	-	-	-	-	\$21.03	\$8.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$27.55	\$10.90	\$1,410.7	\$556.26	-	-	-	-	\$21.22	\$8.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	\$3,397.30	\$1,260.40	\$33.97	\$12.80	\$1,422.6	\$536.18	-	-	-	-	\$21.41	\$8.06	-	-	-	-	-	-	-	-	\$486.9	\$183.49
5%	-	-	\$34.31	\$12.32	\$1,434.6	\$514.94	-	-	-	-	\$22.61	\$8.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$34.65	\$11.84	\$1,446.6	\$494.50	-	-	-	-	\$23.03	\$7.87	-	-	-	-	-	-	-	-	\$1,126.82	\$385.89
5%	-	-	\$34.99	\$11.39	\$1,458.5	\$474.85	-	-	-	-	\$23.26	\$7.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$35.33	\$10.95	\$1,470.5	\$455.94	-	-	-	-	\$23.48	\$7.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5%	-	-	\$35.67	\$10.53	\$1,482.4	\$437.76	\$1,698.65	\$501.62	-	-	\$23.70	\$6.95	-	-	-	-	-	-	-	-	\$564.4	\$166.67
ah		\$4,713.3	\$339.44	\$18,453.00		\$3,096.81		\$526.9		\$5,977.2		\$239.14									\$2,360.25	\$1,019.4

Tabel 5.34 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 5 %

		Electric Motor (umur 10 Tahun)										Fan (umur 5 Tahun)									
Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	
		\$1,881.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	\$1,250.0	\$1,250.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$18.81	\$17.75	\$1195.4	\$1,127.73	-	-	-	-	-	\$12.50	\$11.79	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$19.00	\$16.91	\$1,207.5	\$1,074.63	-	-	-	-	-	\$12.63	\$11.24	-	-	\$625.00	\$556.25	-	-	-	-	
6%	-	\$19.19	\$16.11	\$1,219.4	\$1,023.84	-	-	-	-	-	\$12.75	\$10.71	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$19.37	\$15.38	\$1,231.4	\$975.36	\$940.5	\$1,868.10	-	-	-	\$12.88	\$10.20	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$19.56	\$14.62	\$1,243.3	\$929.08	-	-	-	-	-	\$1,449.1	\$1,062.85	\$14.49	\$10.83	-	-	-	-	\$312.5	\$233.52	
6%	-	\$19.75	\$13.92	\$1,255.3	\$864.92	-	-	-	-	-	\$16.21	\$10.73	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$19.94	\$13.26	\$1,267.2	\$842.78	-	-	-	-	-	\$15.36	\$10.21	-	-	\$724.55	\$481.88	-	-	-	-	
6%	-	\$20.13	\$12.63	\$1,279.2	\$802.58	-	-	-	-	-	\$15.50	\$9.73	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$20.31	\$12.07	\$1,291.1	\$764.22	-	0	-	-	-	\$15.65	\$9.26	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	\$2,527.91	\$1,811.57	\$25.28	\$14.12	\$1,303.1	\$727.64	-	-	\$147.3	\$202.59	\$1,679.9	\$938.04	\$16.80	\$9.38	-	-	-	-	\$362.3	\$202.29	
6%	-	\$25.53	\$13.45	\$1,315.1	\$692.75	-	-	-	-	-	\$16.97	\$8.94	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$25.79	\$12.81	\$1,327.0	\$659.48	-	-	-	-	-	\$17.14	\$8.52	-	-	\$839.95	\$417.43	-	-	-	-	
6%	-	\$26.04	\$12.21	\$1,339.0	\$627.78	-	-	-	-	-	\$17.30	\$8.11	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$26.29	\$11.63	\$1,350.9	\$597.51	\$1,264.0	\$559.05	-	-	-	\$17.47	\$7.73	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$26.54	\$11.08	\$1,362.9	\$568.68	-	-	-	-	-	\$19.47	\$8.13	-	-	-	-	-	-	\$420.0	\$175.24	
6%	-	\$26.80	\$10.55	\$1,374.8	\$541.19	-	-	-	-	-	\$20.64	\$8.12	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$27.05	\$10.09	\$1,386.8	\$515.00	-	-	-	-	-	\$20.83	\$7.74	-	-	\$973.73	\$361.01	-	-	-	-	
6%	-	\$27.30	\$9.57	\$1,398.7	\$490.04	-	-	-	-	-	\$21.03	\$7.37	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$27.56	\$9.11	\$1,410.7	\$466.25	-	-	-	-	-	\$21.22	\$7.01	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	\$3,397.30	\$1,059.29	\$33.97	\$10.99	\$1,422.8	\$443.59	-	-	\$632.0	\$197.05	\$2,257.6	\$703.94	\$22.58	\$7.04	-	-	-	-	\$486.9	\$151.81	
6%	-	\$34.31	\$10.09	\$1,434.6	\$422.00	-	-	-	-	-	\$22.81	\$6.71	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$34.65	\$9.62	\$1,446.6	\$401.43	-	-	-	-	-	\$23.03	\$6.39	-	-	\$1,128.82	\$313.25	-	-	-	-	
6%	-	\$34.99	\$9.16	\$1,458.5	\$381.83	-	-	-	-	-	\$23.26	\$6.09	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$35.33	\$8.73	\$1,470.5	\$363.17	-	-	-	-	-	\$23.48	\$5.80	-	-	-	-	-	-	-	-	
6%	-	\$35.67	\$8.31	\$1,482.4	\$345.40	\$1,698.65	\$395.78	-	-	\$2,617.2	\$609.81	\$28.17	\$6.10	-	-	-	-	-	\$564.4	\$131.51	
6%	-	\$4,351.9	\$303.62	\$16,668.86	-	\$2,822.00	-	\$409.6	-	\$5,397.2	-	\$213.86	-	-	-	-	-	\$2,130.40	-	\$894.4	

Tabel 5.35 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 6 %

		Electric Motor (umur 10 Tahun)										Fan (umur 5 Tahun)										
an	Discount rate	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV nilai sisa	Investasi	PV Investasi	Perawatan	PV Perawatan	Operasi	PV Operasi	Reparasi	PV Reparasi	Nilai sisa	PV Nilai sisa	
		\$1,881.0	\$1,881.0	\$0	\$0	\$0	\$0	-	-	-	-	\$1,250.0	\$1,250.0	\$0	\$0	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$18.81	\$17.58	\$1,195.4	\$1,117.19	-	-	-	-	-	-	\$12.50	\$11.68	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$19.00	\$16.59	\$1,207.5	\$1,054.64	-	-	-	-	-	-	\$12.63	\$11.03	-	-	\$1625.00	\$345.90	-	-	
	7%	-	-	\$19.19	\$15.65	\$1,219.4	\$995.40	-	-	-	-	-	-	\$12.75	\$10.41	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$19.37	\$14.78	\$1,231.4	\$939.40	\$940.5	\$1,782.47	-	-	-	-	\$12.88	\$9.82	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$19.56	\$13.95	\$1,243.3	\$886.47	-	-	-	-	\$1,449.1	\$1,033.18	\$14.49	\$10.33	-	-	-	-	\$312.5	\$222.61	
	7%	-	-	\$19.75	\$13.16	\$1,255.3	\$836.44	-	-	-	-	-	-	\$15.21	\$10.14	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$19.94	\$12.42	\$1,267.2	\$789.17	-	-	-	-	-	-	\$15.36	\$9.57	-	-	\$724.55	\$451.21	-	-	
	7%	-	-	\$20.13	\$11.71	\$1,279.2	\$744.50	-	-	-	-	-	-	\$15.50	\$9.02	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$20.31	\$11.05	\$1,291.1	\$702.29	-	-	-	-	-	-	\$15.65	\$8.51	-	-	-	-	-	-	
	7%	\$2,527.91	\$1,285.06	\$25.26	\$12.85	\$1,303.1	\$662.43	-	-	\$470.3	\$239.05	\$1,679.9	\$853.97	\$16.80	\$8.54	-	-	-	-	\$362.3	\$184.16	
	7%	-	-	\$25.53	\$12.13	\$1,315.1	\$624.77	-	-	-	-	-	-	\$16.97	\$8.06	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$25.79	\$11.45	\$1,327.0	\$589.21	-	-	-	-	-	-	\$17.14	\$7.61	-	-	\$839.95	\$372.95	-	-	
	7%	-	-	\$26.04	\$10.81	\$1,339.0	\$555.62	-	-	-	-	-	-	\$17.30	\$7.18	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$26.29	\$10.20	\$1,350.9	\$523.91	\$1,264.0	\$490.18	-	-	-	-	\$17.47	\$6.78	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$26.54	\$9.62	\$1,362.9	\$493.97	-	-	-	-	\$1,947.5	\$705.85	\$19.47	\$7.06	-	-	-	-	\$420.0	\$152.22	
	7%	-	-	\$26.80	\$9.08	\$1,374.8	\$465.70	-	-	-	-	-	-	\$20.64	\$6.99	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$27.05	\$8.56	\$1,386.6	\$439.02	-	-	-	-	-	-	\$20.83	\$6.60	-	-	\$873.73	\$308.26	-	-	
	7%	-	-	\$27.30	\$8.08	\$1,398.7	\$413.84	-	-	-	-	-	-	\$21.03	\$6.22	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$27.56	\$7.62	\$1,410.7	\$390.07	-	-	-	-	-	-	\$21.22	\$5.87	-	-	-	-	-	-	
	7%	\$3,397.30	\$877.93	\$33.97	\$8.78	\$1,422.6	\$367.64	-	-	\$637.0	\$163.31	\$2,257.6	\$583.42	\$22.58	\$5.83	-	-	-	-	\$486.9	\$125.82	
	7%	-	-	\$34.31	\$8.29	\$1,434.6	\$346.47	-	-	-	-	-	-	\$22.81	\$5.51	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$34.65	\$7.82	\$1,446.6	\$326.51	-	-	-	-	-	-	\$23.03	\$5.20	-	-	\$1,128.82	\$254.79	-	-	
	7%	-	-	\$34.99	\$7.38	\$1,458.5	\$307.67	-	-	-	-	-	-	\$23.26	\$4.91	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$35.33	\$6.96	\$1,470.5	\$289.90	-	-	-	-	-	-	\$23.48	\$4.63	-	-	-	-	-	-	
	7%	-	-	\$35.67	\$6.57	\$1,482.4	\$273.13	\$1,098.65	\$312.97	-	-	\$2,617.2	\$482.22	\$26.17	\$4.32	-	-	-	-	\$364.4	\$103.99	
ah				\$4,044.0		\$273.10		\$15,136.35			\$2,585.62		\$402.4		\$4,906.0		\$192.31			\$1,933.10		\$760.0

Tabel 5.36 Analisis sensitivitas Blower untuk discount rate 7 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Total
1	Electric Motor	\$4,713.30	\$339.44	\$18,453.90	\$3,098.81	\$526.90	\$26,078.55
2	Fan	\$5,977.20	\$239.14	\$0.00	\$2,360.25	\$1,019.40	\$7,557.19
Jumlah		\$10,690.5	\$578.6	\$18,453.9	\$5,459.1	\$1,546.3	\$33,635.7

Tabel 5.37 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Total
1	Electric Motor	\$4,351.90	\$303.62	\$16,668.86	\$2,822.98	\$459.60	\$23,687.76
2	Fan	\$5,397.20	\$213.86	\$0.00	\$2,130.40	\$894.40	\$6,847.06
Jumlah		\$9,749.1	\$517.5	\$16,668.9	\$4,953.4	\$1,354.0	\$30,534.8

Tabel 5.38 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Perawatan	PV Operasi	PV Reparasi	PV Nilai sisa	PV Total
1	Electric Motor	\$4,044.00	\$273.10	\$15,135.35	\$2,585.62	\$402.40	\$21,635.67
2	Fan	\$4,908.60	\$192.31	\$0.00	\$1,933.10	\$789.00	\$6,245.01
Jumlah		\$8,952.6	\$465.4	\$15,135.4	\$4,518.7	\$1,191.4	\$27,880.7

Tabel 5.39 Analisis sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 %



Discount rate	Jumlah Blower	Biaya Total	Biaya Total 4 unit blower
5%	4	\$33,635.70	\$134,542.80
6%	4	\$30,534.80	\$122,139.20
7%	4	\$27,880.70	\$111,522.80

Tabel 5.40 Analisis sensitivitas total 4 unit Blower untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV biaya Total
1	Kompresor	\$12,528.80	\$13,781.68	\$902.33	\$992.56	\$0.00	\$0.00	\$4,989.11	\$5,488.02	\$1,400.50	\$1,540.55	\$18,721.71
2	Electric Motor	\$8,352.50	\$9,187.75	\$601.52	\$661.67	\$478,140.00	\$525,954.00	\$3,272.20	\$3,599.42	\$933.70	\$1,027.07	\$538,375.77
3	Chilled Water Pump Motor	\$4,089.40	\$4,498.34	\$197.73	\$217.50	\$54,517.68	\$59,969.45	\$1,660.41	\$1,826.45	\$457.10	\$502.81	\$66,008.93
4	Sea Water Pump	\$3,848.80	\$4,233.68	\$277.17	\$304.89	\$32,710.90	\$35,981.99	\$1,582.74	\$1,719.01	\$430.20	\$473.22	\$41,766.35
5	Chilled Water Pump	\$2,407.20	\$2,647.92	\$106.50	\$117.15	\$0.00	\$0.00	\$1,025.98	\$1,128.58	\$385.70	\$424.27	\$3,469.38
6	Katup Ekspansi	\$421.80	\$463.98	\$18.50	\$20.35	\$0.00	\$0.00	\$169.42	\$186.38	\$71.50	\$78.65	\$592.04
7	Kondensor	\$1,250.40	\$1,375.44	\$94.15	\$103.57	\$0.00	\$0.00	\$918.91	\$1,010.80	\$387.80	\$426.58	\$2,063.23
8	Evaporator	\$1,250.40	\$1,375.44	\$94.15	\$103.57	\$0.00	\$0.00	\$918.91	\$1,010.80	\$387.80	\$426.58	\$2,063.23
Jumlah			\$37,564.2		\$2,521.3		\$621,905.4		\$15,969.4		\$4,899.7	\$673,060.6

Tabel 5.41 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 % dan PV naik 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV biaya Total Naik 10 %
1	Kompresor	\$11,567.90	\$12,724.69	\$807.09	\$887.80	\$0.00	\$0.00	\$4,406.24	\$4,846.86	\$1,221.80	\$1,343.98	\$17,115.37
2	Electric Motor	\$7,712.00	\$8,483.20	\$538.03	\$591.83	\$432,075.10	\$475,282.61	\$2,881.41	\$3,169.55	\$814.50	\$895.95	\$486,631.24
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,375.80	\$3,713.38	\$181.61	\$199.77	\$49,244.24	\$54,168.66	\$1,474.78	\$1,622.26	\$398.80	\$438.88	\$59,265.39
4	Sea Water Pump	\$3,553.70	\$3,909.07	\$247.92	\$272.71	\$29,546.80	\$32,501.48	\$1,388.03	\$1,526.83	\$375.30	\$412.83	\$37,797.27
5	Chilled Water Pump	\$2,151.90	\$2,367.09	\$95.44	\$104.98	\$0.00	\$0.00	\$933.46	\$1,026.81	\$334.50	\$367.95	\$3,130.93
6	Katup Ekspansi	\$377.10	\$414.81	\$16.49	\$18.14	\$0.00	\$0.00	\$153.14	\$168.45	\$63.00	\$69.30	\$532.10
7	Kondensor	\$1,154.50	\$1,269.95	\$84.20	\$92.62	\$0.00	\$0.00	\$830.62	\$913.68	\$341.50	\$375.65	\$1,900.60
8	Evaporator	\$1,154.50	\$1,269.95	\$84.20	\$92.62	\$0.00	\$0.00	\$830.62	\$913.68	\$341.50	\$375.65	\$1,900.60
Jumlah			\$34,152.1		\$2,260.5		\$561,952.8		\$14,188.1		\$4,280.0	\$608,273.5

Tabel 5.42 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 % dan PV naik 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV biaya Total Naik 10 %
1	Kompresor	\$10,749.60	\$11,824.56	\$725.96	\$798.56	\$0.00	\$0.00	\$3,917.39	\$4,309.13	\$1,069.60	\$1,176.56	\$15,755.69
2	Electric Motor	\$7,166.40	\$7,883.04	\$483.94	\$532.33	\$392,474.90	\$431,722.39	\$2,554.76	\$2,810.24	\$713.00	\$784.30	\$442,163.70
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,508.70	\$3,859.57	\$167.53	\$184.28	\$44,713.85	\$49,185.24	\$1,319.36	\$1,451.30	\$349.10	\$384.01	\$54,296.37
4	Sea Water Pump	\$3,302.30	\$3,632.53	\$223.00	\$245.30	\$26,828.50	\$29,511.35	\$1,241.75	\$1,365.93	\$328.60	\$361.46	\$34,393.65
5	Chilled Water Pump	\$1,937.10	\$2,130.81	\$85.98	\$94.58	\$0.00	\$0.00	\$852.51	\$937.76	\$291.30	\$320.43	\$2,842.72
6	Katup Ekspansi	\$39.50	\$373.45	\$14.79	\$16.27	\$0.00	\$0.00	\$139.16	\$153.08	\$55.70	\$61.27	\$481.53
7	Kondensor	\$1,072.80	\$1,180.08	\$75.72	\$83.29	\$0.00	\$0.00	\$754.79	\$830.27	\$302.40	\$332.64	\$1,761.00
8	Evaporator	\$1,072.80	\$1,180.08	\$75.72	\$83.29	\$0.00	\$0.00	\$754.79	\$830.27	\$302.40	\$332.64	\$1,761.00
Jumlah			\$32,064.1		\$2,037.0		\$510,419.0		\$12,688.0		\$3,753.3	\$553,455.7

Tabel 5.43 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 % dan PV naik 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Turun 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV biaya Total Turun 10 %
1	Kompresor	\$12,528.80	\$11,275.92	\$902.33	\$812.10	\$0.00	\$0.00	\$4,989.11	\$4,490.20	\$1,400.50	\$1,260.45	\$15,317.77
2	Electric Motor	\$8,352.50	\$7,517.25	\$601.52	\$541.37	\$478,140.00	\$430,326.00	\$3,272.20	\$2,944.98	\$933.70	\$840.33	\$440,489.27
3	Chilled Water Pump Motor	\$4,089.40	\$3,680.46	\$197.73	\$177.98	\$54,517.68	\$49,065.91	\$1,660.41	\$1,494.37	\$457.10	\$411.39	\$54,007.31
4	Sea Water Pump	\$3,848.80	\$3,463.92	\$277.17	\$249.45	\$32,710.90	\$29,439.81	\$1,562.74	\$1,406.47	\$430.20	\$387.18	\$34,172.47
5	Chilled Water Pump	\$2,407.20	\$2,166.48	\$106.50	\$95.85	\$0.00	\$0.00	\$1,026.98	\$923.38	\$385.70	\$347.13	\$2,838.58
6	Katup Ekspansi	\$421.80	\$379.62	\$18.50	\$16.65	\$0.00	\$0.00	\$169.42	\$152.48	\$71.50	\$64.36	\$484.40
7	Kondensor	\$1,250.40	\$1,125.36	\$94.15	\$84.74	\$0.00	\$0.00	\$918.91	\$827.02	\$387.80	\$349.02	\$1,688.09
8	Evaporator	\$1,250.40	\$1,125.36	\$94.15	\$84.74	\$0.00	\$0.00	\$918.91	\$827.02	\$387.80	\$349.02	\$1,688.09
Jumlah			\$30,734.4		\$2,062.8		\$508,831.7		\$13,065.9		\$4,008.9	\$550,686.0

Tabel 5.44 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 5 % dan PV turun 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Turun 10 %	PV Reparasi	PV reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV biaya Total	PV biaya Total Turun 10 %
1	Kompresor	\$11,567.90	\$10,411.11	\$807.09	\$726.38	\$0.00	\$0.00	\$4,406.24	\$3,965.62	\$1,221.80	\$1,099.62	\$14,003.49	
2	Electric Motor	\$7,712.00	\$6,940.80	\$538.03	\$484.23	\$432,075.10	\$388,867.59	\$2,881.41	\$2,593.27	\$814.50	\$733.05	\$398,152.84	
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,375.80	\$3,038.22	\$181.61	\$163.45	\$49,244.24	\$44,319.82	\$1,474.78	\$1,327.30	\$398.80	\$358.92	\$48,489.87	
4	Sea Water Pump	\$3,553.70	\$3,198.33	\$247.92	\$223.13	\$29,546.80	\$28,592.12	\$1,388.03	\$1,249.23	\$375.30	\$337.77	\$30,925.04	
5	Chilled Water Pump	\$2,151.90	\$1,938.71	\$95.44	\$85.90	\$0.00	\$0.00	\$933.46	\$840.11	\$334.50	\$301.05	\$2,561.67	
6	Katup Ekspansi	\$377.10	\$339.39	\$16.49	\$14.84	\$0.00	\$0.00	\$153.14	\$137.83	\$63.00	\$56.70	\$435.36	
7	Kondensor	\$1,154.50	\$1,039.05	\$84.20	\$75.78	\$0.00	\$0.00	\$830.62	\$747.56	\$341.50	\$307.35	\$1,555.04	
8	Evaporator	\$1,154.50	\$1,039.05	\$84.20	\$75.78	\$0.00	\$0.00	\$830.62	\$747.56	\$341.50	\$307.35	\$1,555.04	
Jumlah			\$27,942.7		\$1,849.5		\$459,779.5		\$11,608.5		\$3,501.8	\$497,678.3	

Tabel 5.45 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 6 % dan PV turun 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV biaya Total	PV biaya Total Turun 10 %
1	Kompresor	\$10,749.60	\$9,674.64	\$725.96	\$653.36	\$0.00	\$0.00	\$3,917.39	\$3,525.65	\$1,069.60	\$962.64	\$12,891.02	
2	Electric Motor	\$7,166.40	\$6,449.76	\$483.94	\$435.55	\$392,474.90	\$353,227.41	\$2,554.76	\$2,299.28	\$713.00	\$641.70	\$361,770.30	
3	Chilled Water Pump Motor	\$3,508.70	\$3,157.83	\$167.53	\$150.78	\$44,713.85	\$40,242.47	\$1,319.36	\$1,187.42	\$349.10	\$314.19	\$44,424.31	
4	Sea Water Pump	\$3,302.30	\$2,972.07	\$223.00	\$200.70	\$26,828.50	\$24,145.65	\$1,241.75	\$1,117.58	\$328.60	\$295.74	\$28,140.26	
5	Chilled Water Pump	\$1,937.10	\$1,743.39	\$85.98	\$77.38	\$0.00	\$0.00	\$852.51	\$767.26	\$291.30	\$262.17	\$2,325.86	
6	Katup Ekspansi	\$339.50	\$305.55	\$14.79	\$13.31	\$0.00	\$0.00	\$139.16	\$125.24	\$55.70	\$50.13	\$393.98	
7	Kondensor	\$1,072.80	\$965.52	\$75.72	\$68.15	\$0.00	\$0.00	\$754.79	\$679.31	\$302.40	\$272.16	\$1,440.82	
8	Evaporator	\$1,072.80	\$965.52	\$75.72	\$68.15	\$0.00	\$0.00	\$754.79	\$679.31	\$302.40	\$272.16	\$1,440.82	
Jumlah			\$26,234.3		\$1,667.4		\$417,615.5		\$10,381.1		\$3,070.9	\$452,827.4	

Tabel 5.46 Analisis sensitivitas total AC untuk discount rate 7 % dan PV turun 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV Total Naik 10 %
1	Electric Motor	\$4,713.30	\$5,184.63	\$339.44	\$373.38	\$18,453.90	\$20,299.29	\$3,098.81	\$3,408.69	\$526.90	\$579.59	\$28,586.41
2	Fan	\$5,977.20	\$6,574.92	\$239.14	\$263.05	\$0.00	\$0.00	\$2,360.25	\$2,596.28	\$1,019.40	\$1,121.34	\$8,312.91
Jumlah			\$11,759.6		\$636.4		\$20,299.3		\$6,005.0		\$1,700.9	\$36,999.3

Tabel 5.47 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 % dan PV naik 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV Total Naik 10 %
1	Electric Motor	\$4,351.90	\$4,787.09	\$303.62	\$333.98	\$16,668.86	\$18,335.75	\$2,822.98	\$3,105.28	\$459.60	\$505.56	\$26,056.54
2	Fan	\$5,397.20	\$5,936.92	\$213.86	\$235.25	\$0.00	\$0.00	\$2,130.40	\$2,343.44	\$894.40	\$983.84	\$7,531.77
Jumlah			\$10,724.0		\$569.2		\$18,335.7		\$5,448.7		\$1,489.4	\$33,688.3

Tabel 5.48 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 % dan PV naik 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Naik 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Naik 10 %	PV Operasi	PV Operasi Naik 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Naik 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Naik 10 %	PV Total Naik 10 %
1	Electric Motor	\$4,044.00	\$4,448.40	\$273.10	\$300.41	\$15,135.35	\$16,648.89	\$2,585.62	\$2,844.18	\$402.40	\$442.64	\$23,799.24
2	Fan	\$4,908.60	\$5,399.46	\$192.31	\$211.54	\$0.00	\$0.00	\$1,933.10	\$2,126.41	\$789.00	\$867.90	\$6,869.51
Jumlah			\$9,847.9		\$512.0		\$16,648.9		\$4,970.6		\$1,310.5	\$30,668.7

Tabel 5.49 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 % dan PV naik 10 %

Tugas Akhir KS 1701

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Turun 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV Total Turun 10 %
1	Electric Motor	\$4,713.30	\$4,241.97	\$339.44	\$305.50	\$18,453.90	\$16,608.51	\$3,093.81	\$2,788.93	\$526.90	\$474.21	\$23,470.70
2	Fan	\$5,977.20	\$5,379.48	\$239.14	\$215.23	\$0.00	\$0.00	\$2,360.25	\$2,124.23	\$1,019.40	\$917.46	\$6,801.47
Jumlah			\$9,621.5		\$520.7			\$16,608.5		\$4,913.2		\$30,272.2

Tabel 5.50 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 5 % dan PV Turun 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Turun 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV Total Turun 10 %
1	Electric Motor	\$4,351.90	\$3,916.71	\$303.62	\$273.26	\$16,668.86	\$15,001.97	\$2,822.98	\$2,540.68	\$459.60	\$413.64	\$21,318.98
2	Fan	\$5,397.20	\$4,857.48	\$213.86	\$192.47	\$0.00	\$0.00	\$2,130.40	\$1,917.36	\$894.40	\$804.96	\$6,162.35
Jumlah			\$8,774.2		\$465.7			\$15,002.0		\$4,458.0		\$1,218.6
												\$27,481.3

Tabel 5.51 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 6 % dan PV Turun 10 %

NO	Peralatan	PV Investasi	PV Inv. Turun 10 %	PV Perawatan	PV Perawatan Turun 10 %	PV Operasi	PV Operasi Turun 10 %	PV Reparasi	PV Reparasi Turun 10 %	PV Nilai sisa	PV Nilai sisa Turun 10 %	PV Total Turun 10 %
1	Electric Motor	\$4,044.00	\$3,639.60	\$273.10	\$245.79	\$15,135.35	\$13,621.82	\$2,585.62	\$2,327.06	\$402.40	\$362.16	\$19,472.10
2	Fan	\$4,908.60	\$4,417.74	\$192.31	\$173.08	\$0.00	\$0.00	\$1,933.10	\$1,739.79	\$789.00	\$710.10	\$5,620.51
Jumlah			\$8,057.3		\$418.9			\$13,621.8		\$4,066.8		\$1,072.3
												\$25,092.6

Tabel 5.52 Analisis Sensitivitas total Blower untuk discount rate 7 % dan PV Turun 10 %

Discount rate	Jumlah Blower	PV Total Naik 10 %	PV Biaya Total 4 unit blower Naik 10 %
5%	4	\$36,999.30	\$147,997.20
6%	4	\$33,588.30	\$134,353.20
7%	4	\$30,668.70	\$122,674.80

Tabel 5.53 Analisis sensitivitas total 4 unit blower untuk discount rate 5 %. 6 % dan 7 % dan PV Naik 10 %

Discount rate	Jumlah Blower	PV Total Turun 10 %	PV Biaya Total 4 unit blower Turun 10 %
5%	4	\$30,272.20	\$121,088.80
6%	4	\$27,481.30	\$109,925.20
7%	4	\$25,092.60	\$100,370.40

Tabel 5.54 Analisis sensitivitas total 4 unit blower untuk discount rate 5 %. 6 % dan 7 % dan PV turun 10 %

V-2.4 Analisis

Dari table-tabel diatas dapat diketahui dan didapatkan PV (present value) total untuk AC lebih tinggi dibandingkan dengan Blower selama umur kapal 25 tahun. Present value Blower sebesar \$134,542.96 dan untuk present value AC sebesar \$611,873.3.

Dari analisis sensitivitas terhadap discount rate juga diketahui bahwa biaya present value total untuk pengoperasian blower sangat ekonomis dengan bermacam tingkat suku bunga (discount rate) 5 %, 6 %, dan 7 % dibawah ini dibandingkan nilai total present value untuk kedua sistem :

Tabel 5.58 PV total biaya untuk analisis sensitivitas terhadap discount rate

Discount Rate	Present value biaya total	
	AC	Blower
5 %	\$611,873.3	\$134,542.80
6 %	\$552,975.9	\$122,139.20
7 %	\$503,141.5	\$111,522.80

Analisis sensitivitas terhadap present value (PV) dengan menaikkan PV dari berbagai tingkat discount rate sebesar 10 % dan menurunkan PV 10 % didapatkan perbandingan present value antara AC dan Blower seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.59 PV naik 10 % untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %

Discount rate	Present Value AC		Present Value Blower	
	Naik 10 %	Naik 10 %	Naik 10 %	Naik 10 %
5 %	\$673,060.6		\$147,997.2	
6 %	\$608,273.5		\$134,353.2	
7 %	\$553,455.7		\$122,674.8	

Tabel 5.60 PV turun 10 % untuk discount rate 5 %, 6 % dan 7 %

Discount rate	Present Value AC	Present Value Blower
	Turun 10 %	Turun 10 %
5 %	\$550,686.0	\$121,088.8
6 %	\$497,678.3	\$109,925.2
7 %	\$452,827.4	\$100,370.4

Dengan menaikkan dan menurunkan present value sebesar 10 % dengan tingkat discount rate 5 %, 6 % dan 7 % terlihat perbedaan biaya total kedua sistem tetap menunjukkan bahwa present value blower tetap lebih rendah dengan rata-rata life cycle cost total hanya 22 %-nya dari life cycle cost total AC.

V-2.5 Analisis Tiket

Present Value (PV) AC : \$611,873.3

Present Value (PV) Blower : \$134,542.96

Harga tiket sekarang : Rp. 128.000,- / \$14.22

Rute : Surabaya – Sampit

Lama perjalanan : 2 hari

Jumlah penumpang : 418 Orang

Jumlah trip/tahun yaitu hari operasi setahun dibagi lama perjalanan 1 trip.

Jumlah trip / th = 312 hari / 2 hari = 156 kali

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan kapal selama 1 tahun} &= \text{Trip/th} \times \text{Harga tiket} \times \text{Jumlah penumpang} \\
 &= 156 \times \$14.22 \times 418 \\
 &= \$927,402.67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi pendapatan selama 25 tahun} &= \$927,402.67 \times 25 \\
 &= \$23,185,066.67
 \end{aligned}$$

$$\text{Dihitung PV-nya} = \$23,185,066.67 / (1+i)^{25}$$

$$= \$6,846,614.45$$

Assumsi : Biaya operasional AC sebesar 20 % dari total biaya operasional kapal.

Biaya operasional blower sebesar 10 % dari total biaya operasional kapal.

Maka :

$$\text{Total biaya operasi kapal yang menggunakan AC} = \text{PV AC} \times (100\% - 20\%)$$

$$= \$611,873.3 \times 5$$

$$= \$3,059,366.5$$

$$\text{Pendapatan bersih} = \text{PV pendapatan kapal selama 25 th.} - \text{PV operasional}$$

$$= \$6,846,614.45 - \$3,059,366.5$$

$$= \$3,789,247.95$$

$$\text{Total operasi kapal dengan blower} = \text{PV blower} \times (100\% / 10\%)$$

$$= \$134,542.96 \times 10$$

$$= \$1,345,429.6$$

Jadi PV pendapatan kapal dengan blower selama 25 tahun yaitu

$$= \text{PV total operasi kapal} + \text{PV pendapatan bersih}$$

$$= \$1,345,429.6 + \$3,789,247.95$$

$$= \$5,132,677.55$$

$$\text{Pendapatan selama 25 tahun} = \text{PV total pendapatan} \times (1+i)^{25}$$

$$= \$5,132,677.55 \times (1+0.05)^{25}$$

$$= \$17,381,067.98$$

$$\text{Pendapatan kapal 1 tahun} = \$17,381,067.98 / 25$$

$$= \$695,242.72$$

Pendapatan kapal selama 1 tahun = Trip/th x Harga tiket x Jumlah penumpang

$$\$695,242.72 = 156 \times \text{Harga tiket} \times 418$$

$$\text{Harga tiket} = \$695,242.72 / (156 \times 418)$$

$$= \$10.66 / Rp. 95.957,3$$

$$\text{Harga itu berarti sebesar} = Rp. 95.957,- / Rp. 128.000,- \times 100\%$$

$$= 74.97\%$$

Hal ini berarti terjadi penurunan harga tiket sebesar 25.03 % dari harga

sebelumnya atau turun sebesar Rp. 32.043,-.

BAB VI

KESIMPULAN

BAB VI

KESIMPULAN

Analisa di bab V dapat diketahui dan didapatkan PV (present value) total untuk AC lebih tinggi dibandingkan dengan Blower selama umur kapal 25 tahun. Present value Blower sebesar **\$134,542.96** dan untuk present value AC sebesar **\$611,873.3**.

Dari analisis sensitivitas terhadap discount rate juga diketahui bahwa biaya present value total untuk pengoperasian blower sangat ekonomis dengan bermacam tingkat suku bunga (discount rate) 5 %, 6 %, dan 7 % dan dengan menaik/turunkan present value (PV) rata-rata LCC total Blower tetap hanya 22 %nya dari LCC total AC sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa biaya present value keseluruhan yang digunakan untuk blower sangat rendah bila dibandingkan AC itu berarti blower layak untuk diterapkan di kapal penumpang kelas ekonomi karena tentunya akan sangat menghemat biaya operasional.

Penurunan biaya operasional tentu akan berpengaruh terhadap harga tiket karena otomatis akan semakin murah karena berkurangnya biaya operasional kapal. Penurunan harga tiket dari perubahan AC ke blower dari perhitungan terjadi penurunan sebesar 25.03 % dari harga tiket sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Chadderton D. V., "Air Conditioning A practical Introduction", Chapman & Hall, 1993.

Dr. S. J. Kirk, Alphonse J. D. I., "Life cycle Costing for Design Professional", Mc. Graw-Hill, Inc., 1995.

De Garmo, Sullivan, Bontadelli, Wicks, "Ekonomi Teknik", Prentice hall, 1997.

Fan Air Company Industrial Proses Fan, "Blower Design Principles", 2000.

Friedrich-Wilhelm Hennecke, "Life Cycle Cost of Pump in Chemical Industry", 1999.

John W. B., "Life Cycle Costing for Construction", Chapman & Hall, 1993.

Kristanto A. , "Analisa Ekonomis Sistem Refrigerasi Absorpsi pada Kapal Ikan Tuna Long Line", Tugas Akhir, 2000.

Sutikno, "Perencanaan Sistem Pengkondisian Udara Adsorpsi Kapal Penumpang Pax 500 KM Wilis", Sutikno, Tugas Akhir, 2002.

Stoecker and Jones, "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara", Erlangga, 1996.

Suly Saputra, " Analisa Teknis Ekonomis Pengoperasian Kapal ro-ro untuk rute Jakarta-Surabaya-Ujung ", Tugas Akhir, 1996.

U.S. Electric Motors, Division of Emerson Electric Co.

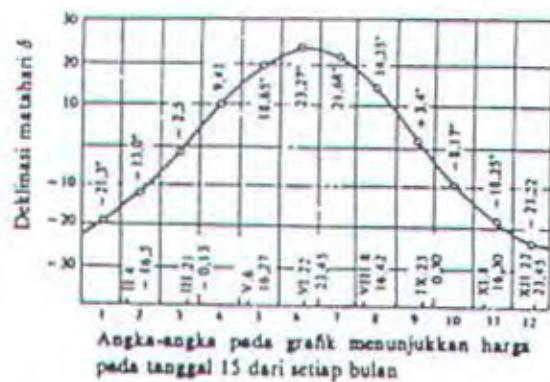
L A M P I R A N

Tabel 3.10 Hambatan kalor permukaan R_s .

Bagian luar	R_{se}	0,05 $\text{m}^2\text{jam}^\circ\text{C}/\text{kcal}$
Bagian dalam	R_{se} besar	0,125*

Table 40

Each adult produces per hour	Carbon dioxide, litres/h	Heat, kcal/h	Vapour, g/h
At hard physical work	45	150	130
At quiet work	23	100	75
At rest	23	75	70
At sleep	23	75	40
Each child up to 12 years of age produces	12	50	23



Gbr. 3.8 Deklinasi matahari.

Table 3. Velocities in Ducts	
Air Volumes, Cfm	Velocity, Fpm
Less than 1,000	1,000-1,500
1,001-2,000	1,700
2,001-3,000	1,800
3,001-5,000	1,900
5,001-8,000	2,250
8,001 and over	2,500-3,000

Tabel 3.14 Faktor absorpsi radiasi matahari a dari dinding.*

Warna	Contoh	ϵ
Gelap	Hitam, aspal	0,9
Sedang	Hijau muda, biru muda, kelabu, permukaan beton	0,7
Terang	Putih, krem	0,5

*Dari the Society of Heating, Air Conditioning & Sanitary Engineers of Japan.

MATA UANG	Bank Niaga			Bank CIC	
	TT		Bank Note		
	BELI (Rp) (BUYING)	JUAL (Rp) (SELLING)	BELI (Rp) (BUYING)	JUAL (Rp) (SELLING)	
Australian Dollar	AUD	4.907,28	5.004,00	4.900,00	5.060,00
Austrian Schilling	ATS	0,00	0,00	0,00	0,00
Belgian Franc	BEF	0,00	0,00	0,00	0,00
Brunei Dollar	BND	0,00	0,00	4.900/4.910	5.040
Canadian Dollar	CAD	0,00	0,00	5.740,00	5.915,00
China Yuan	CHY	0,00	0,00	1.050,00	1.150,00
Danish Kroner	DKK	0,00	0,00	1.065,00	1.125,00
Deutsche Mark	DEM	4.322,77	4.388,65	0,00	0,00
Euro	EUR	8.161,02	8.302,50	8.170,00	8.325,00
French Franc	FRF	1.276,19	1.297,11	0,00	0,00
Hong Kong Dollar	HKD	1.139,52	1.154,22	1.105,00	1.190,00
Italian Lire	ITL	4,32	4,39	0,00	0,00
Japanese Yen	JPY	71,06	72,20	71,00	72,60
South Korea Won	WON	0,00	0,00	6,85	7,40
Malaysian Ringgit	MYR	0,00	0,00	2.270/2.280	2.420
Netherland Golden	NLG	3.798,71	3.860,99	0,00	0,00
Norwegian Kroner	NOK	0,00	0,00	1.065,00	1.120,00
New Zealand Dollar	NZD	4.133,85	4.221,00	4.105,00	4.265,00
Philippine Peso	PHP	0,00	0,00	165,00	190,00
Saudi Arabian Riyal	SAR	0,00	0,00	2.020/2.320	2.450
Singapore Dollar	SGD	4.932,04	5.005,56	4.910/4.920	5.050
Pound Sterling	GBP	12.908,28	13.104,00	12.900	13.170
Swedish Kroner	SEK	0,00	0,00	870,00	920,00
Swiss Franc	CHF	5.626,58	5.710,66	5.600,00	5.755,00
Thailand Baht	THB	0,00	0,00	190,00	220,00
Taiwan	NT	0,00	0,00	240,00	270,00
United States Dollar	USD	8.900,00	9.000,00	8.500/8.900	9.040,00
USD Travellers Cheque	TC	8.875,00	9.000,00	0,00	0,00

Daftar A-5 Sifat-sifat Udara pada Tekanan Atmosfer†
 Nilai μ , k , c_p , dan f_T tidak terlalu bergantung pada tekanan dan dapat digunakan untuk tentang tekanan yang cukup luas.

T, K	$P, kg/m^3$	$c_p, kJ/kg \cdot ^\circ C$	$\mu, \times 10^3$	$P_r, \times 10^3$	$L, W/m \cdot ^\circ C$	$n, \times 10^3$	f_T
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013755	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.71	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.073	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.296	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5364	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06038	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2335	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	306.1	0.111	4.374	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	332.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	360.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1548	1.462	7.14	464.0	0.149	6.546	0.710
2400	0.148	1.514	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1434	1.680	7.56	543.5	0.175	7.431	0.730

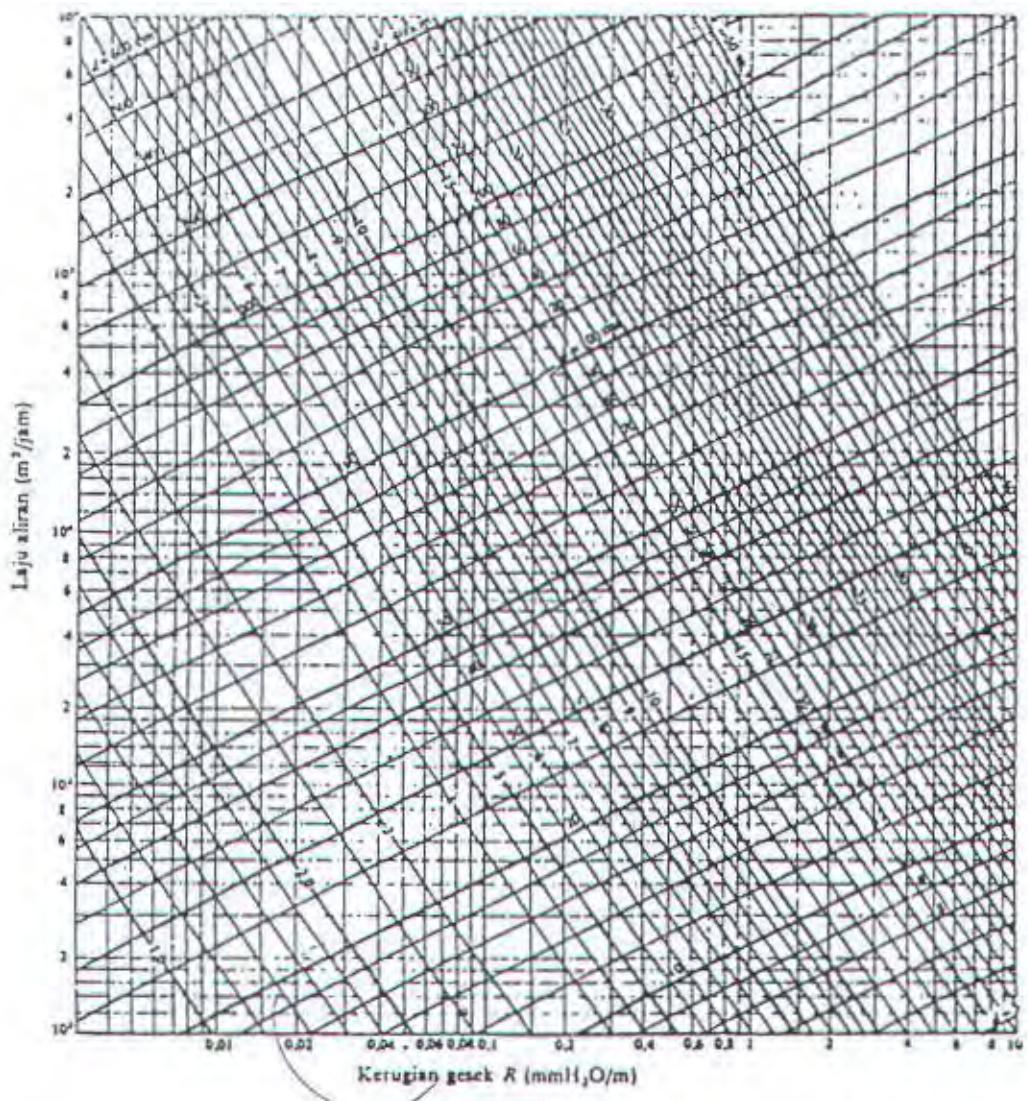
† Dari *Natl. Bur. Stand. U. S. Circ. 564, 1965*

Space to be ventilated	No. air changes per hour	No. of Min. per air change
Auditorium	12	5
Bakeries	20	3
Banquet Halls	20	3
Boiler Rooms	60	1
Bowling Alleys	12	5
Cafeterias	12	5
Class Rooms	10	6
Engine Rooms	30	2
General Factories	10	6
Foundries	12	5
Garages	10	6
Kitchens	30	2
Laboratories	12	5
Laundries	20	3
Machine Shop	10	6

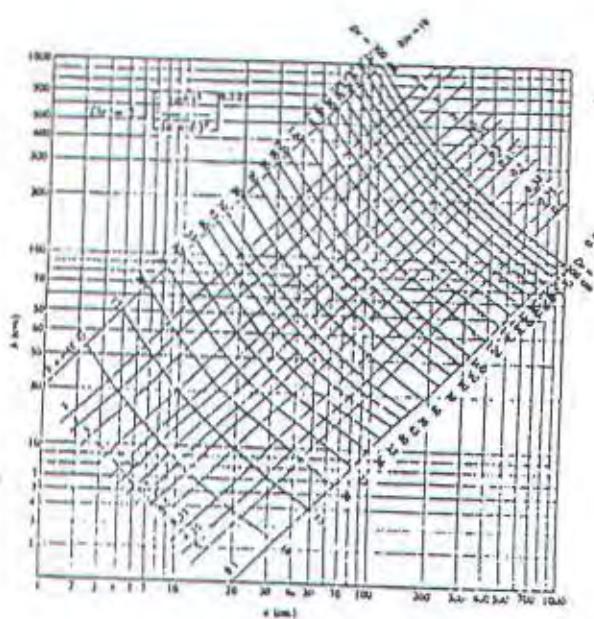
Tabel kebutuhan sirkuasi udara

Table 38

Temperature, °C	Density, kg/m³	Absolute humidity, g/m³	Vapour pressure, mmHg	Temperature, °C	Density, kg/m³	Absolute humidity, g/m³	Vapour pressure, mmHg
-25	1,424	0.64	0.540	+13	1,235	11.32	11,162
-24	1,418	0.71	0.600	+14	1,230	12.03	11,908
-22	1,406	0.86	0.745	+16	1,222	13.59	13,536
-21	1,401	0.95	0.825	+17	1,217	14.43	14,421
-20	1,395	1.05	0.910	+18	1,213	15.31	15,357
-19	1,390	1.15	1.000	+19	1,209	16.25	16,346
-18	1,384	1.25	1.095	+20	1,205	17.22	17,391
-17	1,379	1.35	1.190	+21	1,201	18.25	18,495
-16	1,374	1.46	1.290	+22	1,197	19.33	19,659
-15	1,368	1.58	1.400	+23	1,193	20.46	20,888
-14	1,363	1.70	1.520	+24	1,189	21.68	22,184
-13	1,358	1.83	1.635	+25	1,185	22.93	23,550
-12	1,353	1.96	1.760	+26	1,181	24.24	24,988
-11	1,347	2.14	1.930	+27	1,177	25.64	26,505
-10	1,342	2.31	2.093	+28	1,173	27.09	28,101
-9	1,337	2.49	2.267	+29	1,169	28.62	29,782
-8	1,332	2.69	2.455	+30	1,165	30.21	31,548
-7	1,327	2.90	2.654	+31	1,161	31.89	33,406
-6	1,322	3.13	2.876	+32	1,157	33.64	35,350
-5	1,317	3.37	3.113	+33	1,154	35.48	37,411
-4	1,312	3.64	3.364	+34	1,149	37.40	39,565
-3	1,308	3.92	3.644	+35	1,146	39.41	41,827
-2	1,303	4.22	3.941	+36	1,142	41.51	44,201
-1	1,298	4.55	4.263	+37	1,139	43.71	46,691
0	1,293	4.89	4.600	+38	1,135	46.00	49,302
+1	1,288	5.23	4.940	+39	1,131	48.40	52,039
+2	1,284	5.60	5.302	+40	1,128	50.91	54,906
+3	1,279	5.98	5.687	+41	1,124	53.52	57,910
+4	1,275	6.39	6.097	+42	1,121	56.25	61,055
+5	1,270	6.82	6.534	+43	1,117	59.09	64,346
+6	1,265	7.28	6.998	+44	1,114	62.05	67,790
+7	1,261	7.76	7.492	+45	1,110	65.14	71,391
+8	1,256	8.28	8.017	+46	1,107	68.36	75,158
+9	1,252	8.82	8.574	+47	1,103	71.73	79,093
+10	1,247	9.39	9.165	+48	1,100	75.22	83,204
+11	1,243	10.01	9.792	+49	1,096	78.86	88,499
+12	1,239	10.64	10.457	+50	1,093	82.63	91,982

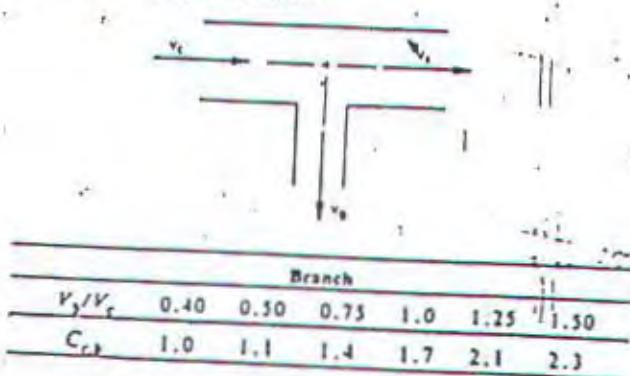


Gambar 2.9 Kerugian gesek dalam pipa udara
berpenampang lingkaran



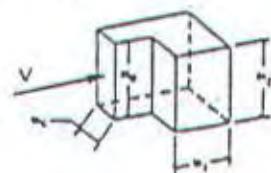
Gambar 2.10 Diameter ekivalen saluran berpenampang segi empat

6-8 Diverging Wye, Rectangular

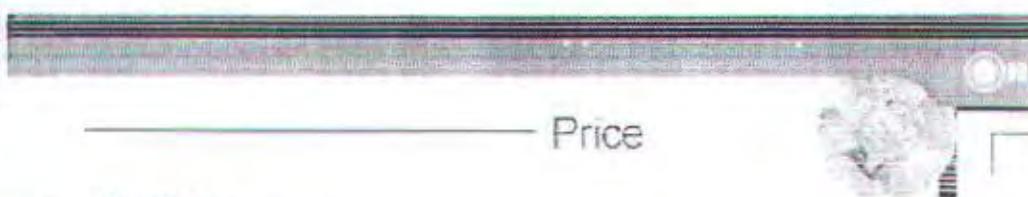


ITS

3-10 Elbow, Converging or Diverging Flow, Rectangular



H_f	H_1/H_f					
	0.6	0.8	1.2	1.4	1.6	2.0
0.25	1.5	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1
1.0	1.7	1.4	1.0	0.95	0.90	0.84
4.0	1.5	1.1	0.81	0.76	0.72	0.66
∞	1.5	1.0	0.69	0.63	0.60	0.55



Consumer

Corporate

SukuBunga

TAHAPAN	8.00
TAPRES	
- < Rp 100.000.000,00	9.00
- >= Rp 100.000.000,00	10.00
BCA DOLLAR (USD)	2.50
BCA DOLLAR (SGD)	0.50



Berlaku Efektif: 03 Juni 2002

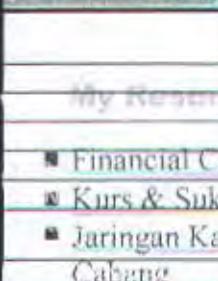
DEPOSIT

IDR	14.00	14.00	14.00	14.00
USD	3.00	3.00	3.00	3.00
SGD	0.50	0.50	0.50	0.50
HKD	0.25	0.25	0.25	0.25
GBP	2.00	2.00	2.00	2.00
AUD	2.50	2.50	2.50	2.50
JPY	0.00	0.00	0.00	0.00
EUR	1.75	1.75	1.75	1.75

Berlaku Efektif: 01 Juli 2002

[Home](#) | [Consumer](#) | [Corporate](#) | [Company Info](#)
[BCA News](#) | [Press Release](#) | [Learning Center](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#)

Copyright © 2000 All Rights Reserved



KURS & SUKU BUNGA

[Info Kurs Valas](#) | [Info Suku B](#)

SUKU BUNGA DEPOSITO MANDIRI RUPIAH

Tanggal berlaku : 1 Juli 2002 s/d 15 Juli 2002

Jangka Waktu	Suku Bunga			
	Nominal kurang dari Rp 100 juta (per bilyet)	Nominal Rp keatas s.d. kurang dari Rp 1 miliar	Nominal Rp keatas s.d. kurang dari Rp 10 miliar (per bilyet)	Non bilye
	Tier 1	Tier 2	Tier 3	
1 bulan	13.75 %	14 %	14.25 %	14.7:
3 bulan	13.75 %	14 %	14.25 %	14.7:
6 bulan	13.5 %	13.75 %	14 %	14.5
12 bulan	13.5 %	13.75 %	14 %	14.5
24 bulan	13.5 %	13.75 %	14 %	14.5

SUKU BUNGA DEPOSITO MANDIRI USD

Tanggal berlaku : 1 Juli 2002 s/d 15 Juli 2002

Jangka Waktu	Suku Bunga	
	Nominal kurang dari USD 100 ribu keatas (per bilyet)	Nominal USD 100 ribu keatas (per bilyet)
	Tier 1	Tier 2
1 bulan	2.85 %	2.85 %
3 bulan	2.85 %	2.85 %
6 bulan	2.85 %	2.85 %
12 bulan	3 %	3 %
24 bulan	3 %	3 %